Talibov Tariyel's Work

```
setwd("~/Desktop/Kitab-II")
```

Giriş

Vəsait Klassik Test Nəzəriyyəsinin və **R** statistik proqramının vasitəsilə test nəticələrinin təhlilinə həsr edilib. Testologiya elmindən bəhs edən ədəbiyyatları şərti olaraq üç qrupa bölmək olar. Birinci qrupa aid olan ədəbiyyatlarda testlərin və onları təşkil edən tapşırıqların tiplərindən, növlərindən, yazılma qaydalarından, tərtibindən, həmçinin testləşmənin aparılma prosedurıarından, ballaşdırma qaydalarından və sairə bu kimi proseslərdən bəhs edilir. İkinci qrup ədəbiyyatlarda əlavə olaraq test nəticələrinin qismən statistik təhlili də verilir. Bu zaman testlərə həm Klassik Test Nəzəriyyəsi həm də Müasir Test Nəzəriyyəsi paradiqmasında baxılır. Üçüncü qrup ədəbiyyatlarda nəticələrinin statistik təhlilini bilavasitə nümayış etdirmək üçün çox zaman hansısa bir proqramdan istifadə olunur. Son zamanlar bu sahədə proqram təminatı kimi **R-proqramından** daha geniş istifadə olunmağa başlanmışdır.

Bu vəsaiti də III qrup ədəbiyyata aid etmək olar. Təklif olunan bu vəsaitdə test nəticələrinin təhlilinə, Klassik Test Nəzəriyyəsi çərçivəsində, R-proqramının tətbiqilə baxılır.

Vəsaitdə verilən material müxtəlif mənbələrdən toplanmış və azərbaycan dilinə tərcümə edilmişdir. Bu mənbələrin adları müvafiq bölmələrin axırında verilmişdir. Materialın seçilməsi, düzülməsi və onların şərhləri müəllifə məxsusdur. Müəllifin test nəticələrinin analizi sahəsində kifayət qədər təcrübəsi vardır (MİQ-imtahanlarının və bəzi illərin buraxılış imtahanlarının təhlili).

Ölkəmizdə təhsil sahəsində istifadə olunan testlərin nəticələrinin elmi-statistik təhlilinə ciddi ehtiyacı nəzərə alaraq, həmin təcrübəni bölüşmək istəmişik. Vəsait azərbaycan dilində bu sahədə yazılan ilk ədəbiyyat olduğundan heç şübhəsiz, çoxsaylı qüsurları olacaqdır. Kitab **bookdown**-da yazılıb və biz onu ildə iki dəfə yeniləmək fikrindəyik. Ona görə də vəsait haqqında qeyd və iradlarınızı, məsləhət və tövsiyələrinizi mənim elektron ünvanıma ("**talibovtariyel@gmail.com (mailto:talibovtariyel@gmail.com)**") göndərməyinizi xaiş edirik.

R-proqramı haqda -Vəsaitdə olanların tam başa düşülməsi üçün **R-proqramından** və onun **rstudio** platformasından istifadəni bilməlisiz.

R-proqramından başqa, digər statistika ilə əlaqəli proqramları (SPSS, Stata, Jmetrik) bilənlər də yaxud heç bir proqramla tanış olmayanlar da vəsaitdən bəhrələnə bilərlər. Belə ki KTN-nin əsas fərziyələri və onlardan çıxan çoxsaylı nəticələr mümkün qədər anlaşılan formada isbatları ilə verilmişdir.

Nəyə görə R-roqramı?

- R-ın digər uyğun proqramlardan üstünlükləri:
  - R-a aid çoxlu sayda hazır paketlər var və onların sayı sürətlə artır;
  - R-ödənişsizdir, yəni bir çox statistik proqramlardan fərqli olaraq müftədir;
  - R-müxtəlif əməliyyat sistemlərində işləyə bilir;
  - R-a aid çoxlu sayda ədəbiyyat vardır.

I bölmədə Klassik Test Nəzəriyyəsində geniş istifadə olunan **diskret təsadüfü dəyişən** haqda məlumat verilir. Diskret təsadüfü dəyişənlər üzərində əməllərdən (toplanması, vurulması), onların riyazi gözləmələri, dispersiya və covariasiyasının hesablanma qaydaları veriılmişdir.

II bölmədə Klassik Test Nəzəriyyəsinə (KTN) qısa giriş verilir. Burada KTN-nin ilkin aksiomları və bu aksiomlardan çıxan nəticələr və onların isbatları verilir.

III bölmədə müxtəlif üsullarla testin etibarlılığı tərifi və hesablanması qaydaları verilir.

IV bölmədə hər iki dəyişən interval, yaxud mütləq şkalada veriləndə Pirson korrelyasiya əmsalının hesablanma düsturu verilmişdir. Dəyişənlərin ikisi də dixotomik (nominal şkalada) və ya biri dixotomik digəri daha zəngin şkalada (intervallar, yaxud mütləq şkalada) veriləndə Pirson korrelyasiya düstürunun sadələşdirilmiş formalarının çıxarışları verilmişdir.

V bölmədə test ballarının iki müxtəlif şərhi üsulundan danışılır. Normaya yönəlmiş şərhdə istifadə olunan müxtəlif şkalaların alınması üsulları verilmişdir. Süni surətdə törətdiyimiz üç müxtəlif səviyyəli testlərin (Asan, Orta və Çətin səviyyəli) cəm ballarının paylanmasının müqayisəsi bir neçə üsulla verilir və şərh olunur.

VI bölmə əsas bölmədir. Burada müxtəlif paketlərdən və konkret funksiyalardan istifadə edilərək müxtəlif testlər və onların tapşırıqları KTN-i çərçıvəsində analiz edilir.

VII bölmədə yuxarıda qeyd olunan üç səviyyəli testlərin (Asan, Orta və Çətin səviyyəli) törədilməsi prosedurları verilmişdir. Bu bölmə bizim baxdığımız KTN-i paradiqmasından kənara çıxır.

Təsadüfü dəyişənlər(Random Variables)

Diskret təsadüfü dəyişənlər (Discrete Random Variables)

- Bu bölməni mənimsədikdən sonra aşağıdakıları biləcək və etməyi bacaracaqsınız:
    - Diskret təsadüfü dəyişən nədir;
    - Diskret təsadüfü dəyişənin hadisələr fəzası və qiymətlər çoxluğu nədir;
    - Diskret təsadüfü dəyişənin paylanma qanununu və onun verilməsi üsullarını;
    - Diskret təsadüfü dəyişənin riyazi gözləməsinin, standart yayınmasının tapılmasını;
    - Diskret təsadüfü dəyişənlər üzərində əməlləri, onların toplanmasının və vurulmasının tapılmasını;

Təsadüfü sınaqların nəticəsində heç də həmişə ədədlər bir başa alınmır. Məsələn, qəpik pulun bir dəfə atılmasından alınan hadisələr fəzası S = {Gerb, Qəpik} iki hadisədən (haldan) ibarətdir, **"Gerb"** -üzünün düşməsi hadisəsi, yaxud **"Qəpik"** -üzünün düşməsi hadisəsi.

Statistik metodlar isə əsasən, rəqəmlərlərlə işlədiyindən hadisələr fəzasını hansı bir yollasa riyaziləşdirmək lazım gəlir. Bu riyaziləşmə prosesi isə **təsadüfü dəyişən** anlayışının daxil edilməsini tələb edir.

Tərif. Hadisələr fəzası S olan təsadüfü sınağa baxaq. Təyin oblastı S-hadisələr fəzası, qiymətlər çoxluğu R- həqiqi ədədlər çoxluğundan olan hər bir funksiyaya S-hadisələr fəzasında verilmiş (təyin edilmiş) **həqiqi təsadüfü funksiya** yaxud, **həqiqi təsadüfü dəyişən** deyilir.

Qiymətlər oblastı diskret olan təsadüfü dəyişənə **diskret təsadüfü dəyişən** deyilir. Klassik Test Nəzəriyyəsində (KTN) əsasən, diskret təsadüfü dəyişənlərlə qarşılaşırıq. Diskret təsadüfü dəyişənin nə olduğunu bir misal üzərində izah etməyə çalışaq:

Misal. Bir qəpik pulun atılmasından alınan hadisələr fəzası $\Omega = \{G, Q\}$ kimi işarə edək. Burada {Q} hadisəsi pulun "qəpik" üzünün düşməsi hadisəsini, {G} hadisəsi "gerb" üzünün düşməsi hadisəsini göstərir. Biz, təsadüfü dəyişən kimi, X-i məsələn, belə təyin edə bilərik, $X(G) = 1$, $X(Q) = 0$. Yəni, pulun gerb üzü yuxarı düşəndə bizim təsadüfü dəyişənimiz bir qiymət alsın, qəpik üzü yuxarı düşəndə bizim təsadüfü dəyişənimiz sıfır qiymət alsın. Aydındır ki, belə təyin olunmuş təsadüfü dəyişən, bu hadisələr fəzasında təyini mümkün olan funksiyalardan yalnız biridir. Məsələn, təsadüfü dəyişən kimi biz əksin də götürə bilərik. Yəni elə funksiyaya baxarıq ki, qəpik üzü düşəndə bir qiymət alsın, gerb üzü düşəndə sıfır qiymətini alsın. Hadisələr fəzasında elementar hadisələrin sayı çox olduqca belə təsadüfü dəyişənlərin düzəlməsi imkanları da sürətlə artır.

Əgər, bizim baxdığımız hadisələr fəzası 5 dənə qəpik pulun eyni zamanda atılmasından, yaxud bir qəpik pulun beş dəfə dalbadal atılmasından alınan hadisələr fəzası olarsa, onda bu hadisələr fəzası $2^5 = 32$-elementdən ibarət olardı.

Bu fəzadan bir elementə baxaq. Məsələn, {QQGGQ}-hadisəsinə . Onda, bizim təyin etdiyimiz X-təsadüfü dəyişəninin (elementdəki gerblərin sayını bildirən funksiya) bu elementdə aldığı qiymət $X(QQGGQ) = 2$-olar. Yəni, baxdığımız bu nəticədəki gerb üzlərinin sayı ikidir.

Göründüyü kimi, belə təyin edilmiş X-təsadüfü dəyişəninin, təyin oblası 32 elementdən, qiymətlər çoxluğu 6 elementdən ibarətdir {0, 1, 2, 3, 4, 5}. Yəni, hadisələr fəzasında "Gerb"-lərin sayı sıfırdan beşə kimi hər bir qiyməti ala bilir.

X-təsadüfü dəyişəninin qiymətlər çoxluğundan hər bir ədədi hansı ehtimalla ala bildiyni klassik ehtimal nəzəriyyəsi ilə hesablaya bilrik :

$P(X = 0), P(X = 1), P(X = 2), P(X = 3), P(X = 4), P(X = 5)$ olan hadisələri seçək:

Bütün hadisələr fəzası, yəni bir qəpik pulun 5 dəfə atılmasından alınan nəticələr belə olur: {QQQQQ},{GQQQQ}, {QGQQQ}, {QQGQQ}, {QQQGQ}, {QQQQG},{GGQQQ}, {GQGQQ}, {GQQGQ}, {GQQQG},{QGGQQ}, {QGQGQ}, {QGQQG}, {QQGGQ}, {QGQGG}, {QQGQG}, {QQGGG}, {QGQGG}, {QGGQG}, {QGGGQ},{GQQGG}, {GQGQG}, {GQGGQ}, {GGQQG}, {GQGQQ}, {GGQGQ},{QGGGG}, {GQGGG}, {GGQGG}, {GGGQG}, {GGGGQ},{GGGGG}.

Qəpik pulu ideal formada qəbul etsək bu hadisələrin hər birinin başvermə ehtimalı eyni olar. Cəmi 32 mümkün nəticə ola bildiyindən hır bir elementar hadisənin başvermə ehtimalı $\frac{1}{32}$ olar.

- 1. $P(X = 0)$-olduğu hadisə: {QQQQQ}. Yəni, sinaqların hamısında pulun qəpik üzü düşmüşdür.
- 2. $P(X = 1)$-olduğu hadisələr: {GQQQQ}, {QGQQQ}, {QQGQQ}, {QQQGQ}, {QQQQG}. Yəni, sinaqların birində qəpiyin bir gerb üzünün düşməsi hadisəsidir.
- 3. $P(X = 2)$-olduğu hadisələr: {GGQQQ}, {GQGQQ}, {GQQGQ}, {GQQQG},{QGGQQ}, {QGQGQ}, {QGQQG}, {QQGGQ}, {QGQGG}, {QQGQG}. Yəni, sinaqlarda iki dəfə qəpiyin gerb üzü düşməsi hadisəsidir.
- 4. $P(X = 3)$-olduğu hadisələr: {QQGGG}, {QGQGG}, {QGGQG}, {QGGGQ},{GQQGG}, {GQGQG}, {GQGGQ}, {GGQQG}, {GQGQQ}, {GGQGQ}. Yəni, sinaqlarda üç dəfə qəpiyin gerb üzü düşmüşdür.
- 5. $P(X = 4)$-olduğu hadisələr: {QGGGG}, {GQGGG}, {GGQGG}, {GGGQG}, {GGGGQ}. Yəni, sinaqlarda 4 dəfə qəpiyin gerb üzü düşmüşdür.

- 6. $P(X = 5)$-olduğu hadisə: {GGGGG}. Yəni, sinaqların beşində də qəpiyin gerb üzü düşmüşdür.

Bir qəpik pulun atılmasında iki üzdən birinin düşməsi ehtimalın $\frac{1}{2}$-kimi qəbul edək. Yəni, $P(G) = \frac{1}{2}$ və $P(Q) = \frac{1}{2}$.

Onda, **asılı olmayan** hadisələrin **birgə** baş verməsi ehtimalı onların ehtimalları hasilinə bərabər olduğunu nəzərə alsaq,
$P(QGGGG) = P(Q)P(G)P(G)P(G)P(G) = (1 - \frac{1}{2})(\frac{1}{2})(\frac{1}{2})(\frac{1}{2})(\frac{1}{2}) = (\frac{1}{2})^5 = \frac{1}{32}$

Bizim halda,

$$P(G) = \frac{1}{2} = 1 - \frac{1}{2} = P(Q)$$

olduğundan 32 elementar hadisənin hər birisinin baş vermə ehtimalı, $\frac{1}{32}$ olur.

Beləliklə, $P(X = 0)$-yalnız, bir elementar hadısədə $QQQQQ$ olduğundan, $P(X = 0) = \frac{1}{32}$.

$P(X = 1)$, altı elementar hadisədə baş verir
$P(X = 1) = P(GQQQQ) + P(QGQQQ) + P(QQGQQ) + P(QQQGQ) + P(QQQQG) = \frac{1}{32} + \frac{1}{32} + \frac{1}{32} + \frac{1}{32} + \frac{1}{32} = \frac{5}{32}$

Həmin qayda ilə hesablasaq

$$P(X = 0) = \frac{1}{32}$$

$$P(X = 1) = \frac{5}{32}$$

$$P(X = 2) = \frac{10}{32}$$

$$P(X = 3) = \frac{10}{32}$$

$$P(X = 4) = \frac{5}{32}$$

$$P(X = 5) = \frac{1}{32}$$

$$P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2) + P(X = 3) + P(X = 4) + P(X = 5) = \frac{1}{32} + \frac{5}{32} + \frac{10}{32} + \frac{10}{32} + \frac{5}{32} + \frac{1}{32} = 1$$

alarıq.

Beləliklə,

$$P(X = k) \geq 0, (k = 0, 1, 2, 3, 4, 5)$$

və

$$\Sigma_k P(X=k)=1,(k=0,1,2,3,4,5) \quad (1.2)$$

Baxdığımız halda alınan təsadüfü dəyişənin bu iki xassəsini digər diskret təsadüfü kəmiyyətlərə də şamil etmək olur. Yəni, X-ixtiyari diskret təsadüfü kəmiyyətdirsə və k-onun aldığı qiymətlər çoxluğudursa,

$$P(X=k)\geq 0 \quad (1.)$$

və

$$\Sigma_k P(X=k)=1 \quad (1.2)$$

olur.

Diskret təsadüfü dəyişənin paylanması qanunu

İlk baxışda adama elə gəlir ki, diskret təsadüfü dəyişəni vermək üçün onun qiymətlər çoxluğunu vermək kifayətdir. Lakin, bu belə deyil, təsadüfü dəyişən öz qiymətlərini müxtəlif ehtimallarla ala bilər. Bu səbəbdən, diskret təsadüfü dəyişəni tam vermək üçün onun qiymətlər çoxluğunu və bu qiymətləri hansı ehtimallarla aldığını vermək lazım gəlir. Diskret təsadüfü dəyişənin qiymətlər çoxluğu və onların alınması ehtimalları arasındakı əlaqəyə **diskret təsadüfü dəyişənin paylanma qanunu** deyilir.

Diskret təsadüfü dəyişənin paylanma qanunu **cədvəl, düstur və qrafik üsulla** vermək olur.

X	x_1	x_2	$\cdots$	x_n
P	p_1	p_2	$\cdots$	p_n

Ümumiyyətlə, təsadüfü dəyişənlərin, xüsusi halda diskret təsadüfü dəyişənlərin üzərində müxtəlif əməllər aparmaq olur.

- Bir diskret təsadüfü dəyişənin qiymətlər çoxluğuna eyni bir ədədi əlavə etdikdə, yeni qiymətlərin alınması ehtimalları dəyişmir.
- Bir diskret təsadüfü dəyişənin qiymətlər çoxluğunu eyni bir müsbət ədədə vurduqda, yeni qiymətlərin alınması ehtimalları dəyişmir.

İki təsadüfü dəyişənin cəminə və hasilinə də baxa bilərik.

Tutaq ki, bizim iki X_1 və X_2-kimi cədvəl formasında verilmiş iki diskret təsadüfü dəyişənimiz vardır.

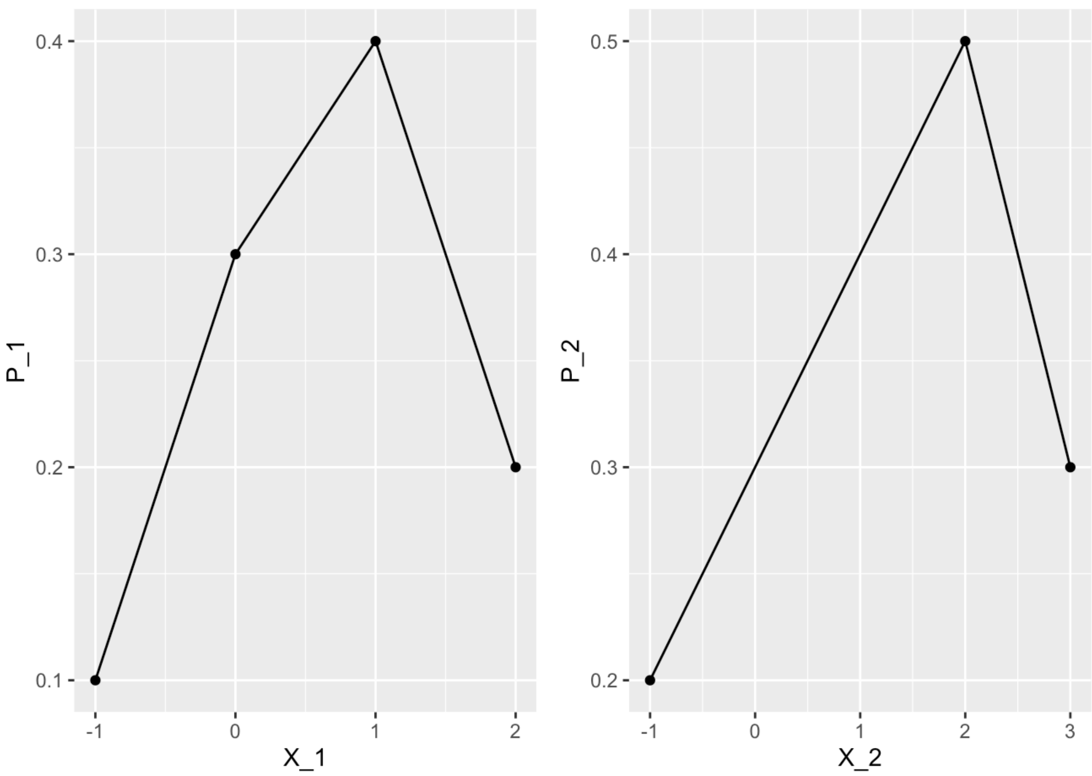
X_1	-1	0	1	2
P_{X_1}	0.1	0.3	0.4	0.2

X_2	-1	3	2
P_{X_2}	0.2	0.3	0.5

Bu iki təsadüfü dəyişənin qrafik təqdimi də aşağıdakı kimi olar

Dörd qiyməti olan diskret təsadüfü dəyişən

X_1	P_1
-1	0.1
0	0.3
1	0.4
2	0.2



X_1-dəyişəni üçün, ehtimallar cəmi, $0.1 + 0.3 + 0.4 + 0.2 = 1$ və

X_2-dəyişəni üçün, ehtimallar cəmi, $0.2 + 0.3 + 0.5 = 1$ olduğundan əsas şərtimiz ödənir.

İndi isə bu iki diskret təsadüfü kəmiyyətin cədvəl formasında verilən paylanma qanunlarından istifadə edərək onların cəmlərindən və hasillərindən əmələ gələn diskret təsadüfü kəmiyyətlərin paylanma qanunların cədvəl formasında verək

Əvvəlcə cəm diskret təsadüfü kəmiyyətin, yəni $X_1 + X_2$-nin aldığı qiymətlər çoxluğunu tapaq. Bu çoxluq X_1 və X_2-nin qiymətlərinin bütün mümkün cəmlərindən ibarət oluir.

Bütün mümkün qiymətlər çoxluğu $-2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$-kimidir. Burada, cəm diskret təsadüfü kəmiyyət $-2, -1, 0, 5$-qiymətlərini bir dəfə, lakin $1, 2, 3, 4$-qiymətlərini iki dəfə alır. Bu səbəbdən, məsələn, $-2 = -1 + (-1)$, yəni X_1-diskret təsadüfü kəmiyyəti -1 və X_2-diskret təsadüfü kəmiyyətlərin -1-də aldıqları müvafiq ehtimallar bir birlərinə vurulur. $0.1 * 0.2 = 0.02$.

Aşağıdakı cədvəldə cəm diskret təsadüfü kəmiyyətin qiymətlər oblastını hər bir qiymətini alma ehtimalı verilmişdir. Cəm diskret təsadüfü kəmiyyət eyni qiyməti bir neçə halda alırsa müvüviq ehtimalları toplamaq lazım gəlir. Məsələn, $2 = -1 + 3$ və $2 = 0 + 2$ olduğundan birinci hadisənin başvermə ehtimalı $0.1 * 0.3 = 0.03$, ikinci hadisənin başvermə ehtimalı $0.3 * 0.5 = 0.15$-olur. Nəticədə, cəm diskret təsadüfü kəmiyyətin 2-qiymətini alma ehtimalı bu iki ehtimalın cəminə 0.18 -ə bərabər olur.

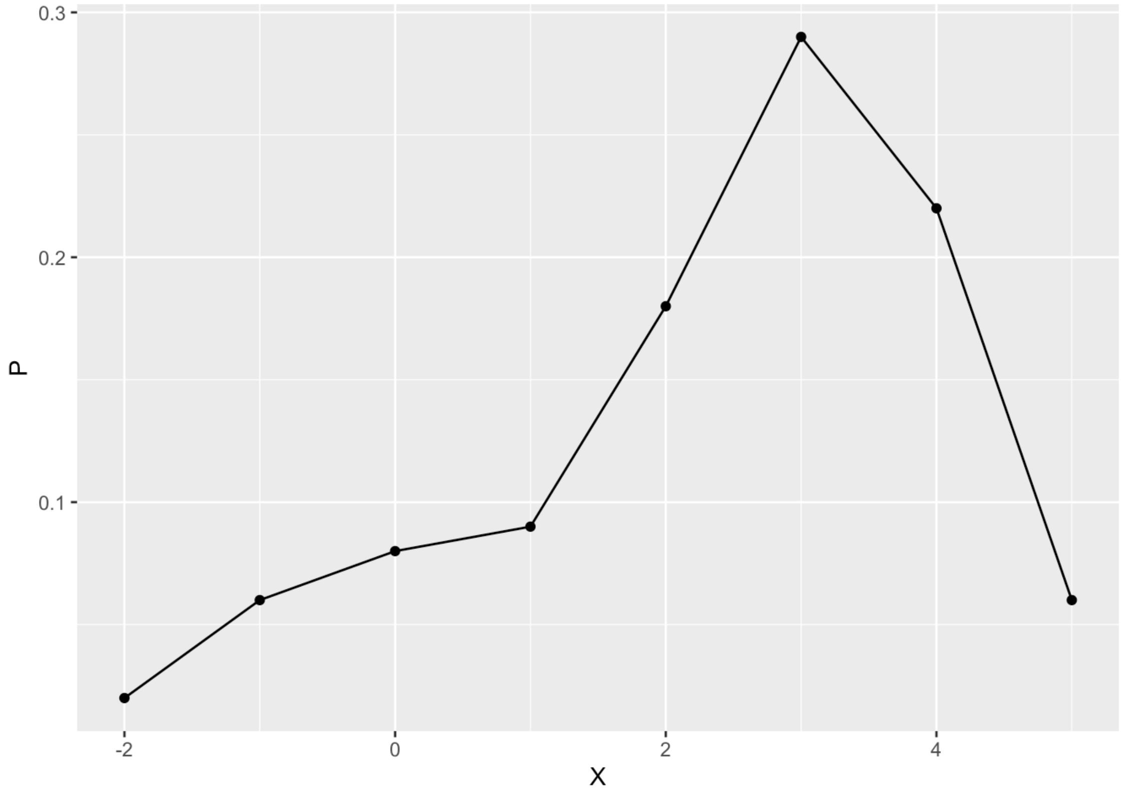
$X_1 + X_2$	-2	-1	0	1	2	3	4	5
$P(X_1 + X_2)$	0.02	0.06	0.08	0.09	0.18	0.29	0.22	0.06

Cəm diskret təsadüfü dəyişənin paylanmanın əsas şərtini ödədiyini yoxlayaq.

```
P = c(0.02, 0.06, 0.08, 0.09, 0.18, 0.29, 0.22, 0.06)
sum(P)
```

```
## [1] 1
```

Cəm diskret təsadüfü dəyişənin qrafik üsulla verilməsi



Bu qayda ilə ixtiyari iki diskret (sonlu) təsadüfü dəyişənin hasilini də tapa bilərik

Test nəticələrində təsadüfü dəyişən necə yaranır.

İndi tutaq ki, 5 tapşırıqdan ibarət bir testimiz vardır. Test dixotomik tapşırıqlardan ibarətdir və tapşırığa doğru cavab verildikdə o bir balla, səhv cavab verildikdə isə sıfır balla qiymətləndirilir. Əgər, diqqətlə baxsaq, belə testin nəticəsində alınan cavab balları təsadüfü dəyişən kimi, yuxarıda baxdığımız qəpik pulun 5 dəfə atılmasından düzəldilən təsadüfü dəyişənlə demək olar ki eyni təsadüfü hadisədir. Fərq hadisələrin başvermə ehtimallarındadır. Biz qəpik pulu ideal qəbul etdiyimizdən hər bir üzünün düşmə ehtimalını $\frac{1}{2}$-kimi götürürük. Test halında isə hər dəfə yeni tapşırıq olur və onlara doğru cavabın verilməsi ehtimalı tapşırığın çətinlik dərəcəsindən asılı olaraq dəyişir.

Belə testə, imtahan verənin bir bal almaq ehtimalını hesablayaq. D-tapşırığa doğru cavabın verilməsi hadisəsini, Y-tapşırığa doğru olmayan cavabın verilməsi hadisəsini işarə edək. $DYYYY$-hadısəsi, 5 tapşırıqdan birincisinə doğru, qalanlarına doğru olmayan cavabların verilməsi halıdır. $YYYDY$-hadısəsi, 5 tapşırıqdan dördüncüyə doğru, qalanlarına doğru olmayan cavabların verilməsi hadisəsidir və sairə. Uyğun olaraq, $P(DYYYY)$ beş tapşırıqdan birincisinə doğru, qalanlarına doğru olmayan cavabların verilməsi hadisəsinin ehtimalıdır. Onda, testin bir sualına doğru, qalanlarına doğru olmayan cavablar verilən hadısələrin ümumi ehtimalı, başqa sözlə, bizim təsadüfü dəyişənin bir qiyməti aldığı hadısələrin ehtimalları cəmi aşağıdakı kimi hesablanar.

$P(X=1)$, altı elementar hadisədə baş verir

$$
\begin{gathered}
P(X=1)=P(D_1Y_2Y_3Y_4Y_5)+P(Y_1D_2Y_3Y_4Y_5)+\\
P(Y_1Y_2D_3Y_4Y_5)+P(Y_1Y_2Y_3D_4Y_5)+P(Y_1Y_2Y_3Y_4D5)=\\
P(D_1)(1-P(D_2))(1-P(D_3))(1-P(D_4))(1-P(D_5))+\\
(1-P(D_1))P(D_2)(1-P(D_3))(1-P(D_4))(1-P(D_5))+\\
(1-P(D_1))(1-P(D_2))P(D_3)(1-P(D_4))(1-P(D_5))+\\
(1-P(D_1))(1-P(D_2))(1-P(D_3))P(D_4)(1-P(D_5))+\\
(1-P(D_1))(1-P(D_2))(1-P(D_3))(1-P(D_4))P(D_5)
\end{gathered}
$$

Tapşırıqlar dixotomik olduğundan, məsələn ikinci tapşırığa doğru cavabın ehtimalı $P(D_2)$-olduqda doğru olmayan cavabın ehtimalı $1-P(D_2)$ olur.

Əgər, bizə iştirakçıların hər bir tapşırığa doğru cavabın verməsi ehtimalı məlum olarsa, biz bu iştirakçıların neçə bal toplaması ehtimalını qeyd olunan yolla tapa bilərik. Lakin, tapşırığa cavabvermə ehtimalını tapmaq üçün, eyni tapşırıq eyni iştirakçılara çoxlusayda verilməlidir ki, bu da praktiki olaraq mümkün olmur. Ona görə də konkret tapşırığa müəyyən ümumi yığımın cavabvermə ehtimalını tapmaq üçün həmin tapşırıq bu ümumi yığımın kifayət qədər geniş və təmsiledici alt yığımında (keçiriləcək imtahan şərtləri eyni qalmaqla) sınaqdan keçirilir. Yalnız, bu halda imtahanın məqsədinə müvafiq keyfiyyətə malik testlər qurmaq mümkündür.

Diskret təsadüfü kəmiyyətin riyazi gözləməsi, covariasiyası və dispersiyası

Hər bir X_i diskret təsadüfü dəyişənlə əlaqəli **riyazi gözləmə** deyilən, təsadüfü olmayan bir kəmiyyət düzəltmək olur.

$$E[X_i]=\sum_i^N p_i x_i$$

Burada, x_i-təsadüfü dəyişənin aldığı qiymətlər, p_i təsadüfü dəyişənin hımin qiymətləri alma ehtimallarıdır. Məsələn, qəpik pul bir dəfə atıldıqda, yuxarıda təyin etdiyimiz təsadüfü dəyişənin riyazi gözləməsini tapaq. Bizim dəyişənimiz iki qiymət alır. Bir və sıfır. Yəni, gerb üzü yuxarı düşəndə dəyişənimiz bir, qəpik üzü yuxarı düşəndə dəyişənimiz sıfır qiymətin alır. Hər iki hadisənin başvermə ehtimalı $\frac{1}{2}$-olduğundan, bu təsadüfü dəyişənin riyazi gözləməsi

$$E[X] = \sum_{i=1}^{N} p_i x_i = 1 * \frac{1}{2} + 0 * \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

olur.

Tutaq ki,

$$X_1, X_2, \dots, X_n$$

başvermə ehtimalları

$$P(X_1), P(X_2), \dots, (X_n)$$

və

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_n$$

başvermə ehtimalları

$$P(Y_1), P(Y_2), \dots, (Y_n)$$

olan təsadüfü kəmiyyətlərdir.

Onda, X- təsadüfü kəmiyyətinin riyazı gözləməsi $E[X]$ kimi işarə edilir və

$$E[X] = \sum_{i}^{n} X_i * P(X_i) \quad (1)$$

kimi hesablanır.

Uzunluqları eyni olan iki X və Y təsadüfü kəmiyyətlərin covariansı $Cov(X, Y)$-kimi işarə olunur və

$$Cov(X, Y) = E[(X - E[X]) * (Y - E[Y])]$$

kimi hesablanır.

Covariasiya bəzən dispersiya kimii σ_{XY} , yaxud $\sigma(XY)$ kimi də işarə edilir.

Riyazi gözləmənin xəttilik xassəsindən istifadə edərək, covariansın ifadəsini sadələşdirmək olur.

$$\begin{aligned} Cov(X, Y) &= E[(X - E[X])(Y - E[Y])] \\ &= E[XY - XE[X] - E[X]Y + E[X]E[Y]] \\ &= E[XY] - E[X]E[Y] - E[X]E[Y] + E[X]E[Y] \\ &= E[XY] - E[X]E[Y] \end{aligned}$$

Əgər, X, Y - kəmiyyətləri, $(x_i, y_i$ qiymətlərini eyni $1/n$ ehtimalı ilə alan diskret təsadüfü kəmiyyətlərdirsə, onda $Cov(X, Y)$ X və Y-in riyazi gözləmələri ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$Cov(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - E[X])(y_i - E[Y])$$

Əgər, $E[X] = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$, $E[Y] = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$ olduğunu nəzərə alsaq, covariasiya düstruru aşağıdakı şəklə düşər.

$$Cov(X,Y) = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{2}(x_i - x_j)(y_i - y_j)$$
$$= \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j>i}(x_i - x_j)(y_i - y_j)$$

Ümumi halda, əgər (X,Y) diskret təsadüfü dəyişənləri, (x_i, y_i) cütlərini p_i-ehtimalları ilə alırsa, onda

$$Cov(X,Y) = \sum_{i=1}^{n} p_i(X_i - E[X])(Y_i - E[Y])$$

kim olar.

Təsadüfü dəyişənin öz-özünə covariasiyası dispersiyanı (variasiyanı) verir.

$$Cov(X,X) = Var(X,X) = \sigma^2(X) = \sigma_X^2$$

$X_1, X_2, \ldots, X_n$ təsadüfü kəmiyyətləri və $a_1, a_2, \ldots, a_n$- həqiqi ədədləri üçün

$$\sigma(\sum_{i=1}^{n} a_i X_i) =$$
$$\sum_{i,j=1}^{n} a_i a_j \sigma_{X_i X_j} =$$
$$\sum_{i=1}^{n} a_i^2 \sigma^2(X_i) + 2\sum_{i,j:i<j} a_i a_j \sigma_{X_i X_j}$$

Əgər, X və Y **asılı olmayan** təsadüfü kəmiyyətlərdirsə, onda

$$E[XY] = E[X]E[Y]$$

olur.

Yəni, iki asılı olmayan təsadüfü kəmiyyətlərin hasilinin riyazi gözləməsi onların riyazi gözləmələri hasilinə bərabər olur. Bu faktın tərsi doğru deyildir. Yəni, iki təsadüfü kəmiyyətin hasilinin riyazi gözləməsi onların riyazi gözləmələri hasilinə bərabərdirsə, buradan onların asılı olmaması faktı çıxmır.

Istifadə olunan ədəbiyyat:

1. "Теория вероятностей и математическая статистика. В.Е.Гмурман."
2. "Теория вероятностей и математическая статистика. Кремер Н.Ш"

Klassik Test Nəzəriyyəsinə giriş

- Bu bölməni mənimsədikdən sonra aşağıdakıları biləcək və etməyi bacaracaqsınız:
    - Klassik Test Nəzəriyyəsinin əsas fərziyələrini;
    - Ölçmənin səhv kompanentinin nə olduğunu;
        - Sistematik səhvi;
        - Təsadüfü səhvi;
    - Klassik Test Nəzəriyyəsinin əsas fərziyələrindən çıxan nəticələri və onların isbatlarını.

Hər bir imtahan balına təsadüfü kəmiyyət kimi baxmaq olur. Belə ki, testin nəticəsinə bir çox şeylər təsir göstərir. Testləşmədə iştirak edənin diqqətsizliyi, cavabların doğru və yaxud yalan təxminedilməsi, imtahan keçirilən məkandakı şərait və dıgər faktorlar imtahanın nəticəsinə öz təsirini göstərir.

Fərz ədək ki, bir iştirakçıya eyni bir test təkrar-təkrar, dəfələrlə təqdim edilir. İştirakçıya hər dəfə test veriləndə onun ölçülən sahə üzrə biliyi əvvəlki testləşmələrdə olduğu kimi qalır və yalnız, test tapşırıqlarında tələb olunanlar tam unudulmuş olur.

Aydındır ki, hər dəfə testləşmənin nəticəsində iştirakçının müşahidə olunan balı yuxarıda qeyd olunanlardan və digər bu kimi diğər səbəblərdənm dəyişə bilir. Prosesı hər dəfə təkrarlasaq bir müşahidə olunan bal alarıq.

Fərz edək ki, prosesi çoxlu sayda təktrarlayırıq və hər dəfə iştirakçının aldığı balı $\mathbf{X_i}$ kimi işarə edirik. Bu balların $\mathbf{E(X_i)}$- ədədi ortalarının limitinə bu iştirakçının, bu konkret test üzrə həqiqi balı deyilir və

$$T_i = E(X_i)$$

kimi yazılır. Aydındır ki, hər bir konkret iştirakçının, konkret test üzrə həqiqi balı bir konkret ədəd edir. Başqa sözlə iştirakçının konkret test üzrə həqiqi balı təsadüfü kəmiyyət olmur.

Ölçmənin səhv kompanenti

Biz yuxarıda iki kəmiyyət təyin etdik. Hər bir testləşmədə, yəni hər bir seansda iştirakçının aldığı, topladığı yaxud, nümayiş etdirdiyi bu və ya digər səbəbdən dəyişəbilən, yəni təsadüfü kəmiyyət olan müşahıdə olunan balı $\mathbf{X_i}$ və onun bu konkret test üzrə dəyişməyən, sabit qalan, $\mathbf{T_i}$ həqiqi balı.

Hər bir seansda öıçmənin səhvi olaraq, müşahıdı olunan balın hıqiqi baldan nə qədər fərqli olduğuna baxılır. Beləliklə, pedaqoji ölçmə nəzəriyyəsində səhv bal, yaxud ölçmənin xətası statistik kəmiyyət olub müşahidə olunan balın həqiqi baldan yayınmasını xarakterizə edən kəmiyyətdir.

Hər bir ölçmənin müxtəlif növ səhvləri arasında iki vacib növünə baxılır: sistematik səhv və təsadüvü səhv.

Sistematik səhv

Sistematik səhvlərə əsasən, testin özünün keyfiyyət qüsurları, keçirilmə şəraitindəki uyğunsuzluqlar və sairə bu kimi testi tərtib edənlərin və keçirilməsinə cavabdeh olanların etdikləri səhvlər aid edilir.

Təsadüfü səhv

Təsadüfü səhvlər isə daha şox iştirakçıların özlərini aparma xüsusiyyətlərindən yaranan səhvlərdir. İmtahan prosesində iştirakçı özünü pis hiss edə bilər. İştirakçının qorxu hissi, həyacanı, darıxması, imtahan keçirilən məkanın istiliyi, soyuqluğu, səsli-küylü olması və s. nəticələrə təsir edən təsadüfü faktorlardır.

Bütövlükdə isə testləşmə prosesində ölçmənin səhvi iştirakçının həqiqi balını ya artırmaqla, ya da azaltmaqla müşahıdə edilən ballarda öz təsirini göstərir.

Beləliklə, Klasssik Test Nəzəriyyəsində Müşahıdə olunan bal, həqiqqi bal və səhv komponent arasındakı münasıbəti aşağıdakı bərabərlikdəki kimi ifadə etmək olur.

$$X_i = T_i + E_i$$

Burada indeks i – iştirakçının nömrəsi, X_i onun testin nəticəsində aldığı bal, yəni müşahidə edilən bal, T_i – bu iştirakçının həqiqi balı, E_i isə ölçmənin səhvidir. Iştirakçının həqiqi balı T_i – yə dəyişməz, sabit kimi baxılır. Qalan iki kompanent isə təsadüfü kəmiyyət olub, bir-birlərindən əlaqəli formada dəyişir. Yəni, birinin necə dəyişdiyini bilsək digərini tapa bilərik.

Burada əsas sual, müşahidə olunan balla həqiqi bal arasında əlaqənin sıxlığını müəyyən etməkdir. Bu əlaqənin sıxlığını nümayış etdirən göstəricilərdən biri onlar arasındakı korrelyasıyadır.

Klassik Test nəzəriyyəsinin (KTN) əsas müddüaları

KTN-nin yaradıcısı ingilis psixoloqu, faktor analizin banisi **Çarlz Edvard Spirmen** hesab edilir.

KTN-in hər tərəfli və tam şərhi birinci dəfə **Horald Qulliksenin** hələ 1950-ci ildə çap edilmiş fundamental kitabında verilmişdir

Klassik Test Nəzəriyyəsi aşağıdakı 5 fərziyəyə əsaslanır:

- 1.Ölçmənin nəticəsində (testin nəticəsində) müşahidə olunan bal (X) ölçmənin həqiqi balı (T) ilə ölçmənin səhv balının (E) cəmi kimi alınır.

$$X = T + E \quad (1)$$

T və E çox vaxt məlum olmur. Bu fərziyədə deyilir ki, testin nəticəsində alınan çiy bal, yaxud müşahidə olunan bal, iki kompanentdən ibarətdir. T-həqiqi bal, yaxud doğru bal (true score) və E-ölçmənin səhv balı (error score). Məsələn, bir nəfərin İQ-testindən həqiqi balı 110-dursa və o testdən 105 bal alıbdırsa onda onun müşahidə olan balı, $105 = 110 - 5$ olur. Bu zaman ölçmənin səhv kompanenti -5 olur. Əgər, onun müşahidə olunan balı 117-dirsə onda $117 = 110 + 7$ olduğundan bu ülçmənin səhv kompanenti $E = 7$ olur.

Beləliklə, klassik "həqiqi-bal" (true-score) test nəzəriyyəsində həqiqi bal və ölçmənin səhv balı sadəcə oplaraq toplanır. Qeyd edək ki, digər additiv və faktor analiz kimi ölçmə nəzəriyyələri də vardır.

- 2.Ölçmənin həqiqi bali test balının riyazi gözləməsinə bərabərdir. Bu fərziyyə həm də **həqiqi balın** tərifini verir. Burada deyilir ki, bir nəfər bir konkret testi sonsuz dəfə, təkrar-təkrar, əvvəlki seanslardan asılı olmayaraq, yerinə yetirə bilsə onda onun aldığı çiy balların, yaxud müşahidə olunan ballarının paylanmasının riyazı gözləməsi həmin nəfərin bu test üzrə həqiqi balı olar. Əslində, bu deyilənləri etmək mümkün deyil. Yəni, eyni bir testi nə sonsuz sayda nə də asılı olmayaraq vermək mümkündür. Burada asılı olmamaq o deməkdir ki, bir seansın nəticəsi diqər seansların nəticələrindən asılı deyil.

Bu tərifdən həm də görünür ki, həqiqi bala imtahan verənin bir mütləq balı kimi baxılmır, iştirakçının o balı təklif edilən konkret testdən asılı olur.

$$T = E(X) \quad (2)$$

- 3.Testləşmədə iştirak edənlər üzrə həqiqi balla, səhv balların korrelyasiyası sıfırdır

$$r_{T,E} = 0 \quad (3)$$

Bu fərziyə nəzəriyyənin sonrakı inkişafı üçün çox vacibndir. Burada deyili ki, hər hansı bir testi verən müxtəlif səviyyəli adamların ballarının sistematik səhv komponenti olmur. Bu şərt o vaxt pozula bilir ki, məsələn sinifdə pis hazırlıqlı şagirdlər yaxşı hazırlıqlı şagirdlərdən köçürürlər yaxud onlara köməklik olunur və sairə. Belə hallar həqiqi balla, səhv bal arasında mənfi korrelyasiya yaradır.

- 4.İxtiyarı iki testin səhv komponentləri korrelyasiya etmir

$$r_{E_1,E_2} = 0 \quad (4)$$

- 5.Bir testin səhv kompanenti digər testin həqiqi balı ilə korrelyasiya etmir

$$r_{E_1,T_2} = 0 \quad (5)$$

Bunlardan əlavə KTN-də daha iki tərif verilir

- İki testə **paralel testlər** deyilir o vaxt ki, yuxarıdakı 1-5 şərtlərindən əlavə onların həqiqi balları və dispersiyaları da bərabər olsun.

$$T1 = T2, \quad D1 = D2 \quad (6)$$

- İki testə **ekvivalent testlər** deyilir o vaxt ki, onlar T1 = T2 şərtindən əlavə paralelliyin bütün şərtlərin ödəyirlər. **Ekvivalent** testlərdə aşağıdakı bərabərlik ödənir.

$$T1 = T2 + C12 \quad (7)$$

Burada, C12 – sabitdir. Yəni, ekvivalent testlərdə paralellik şərtindən əlavə, həqiqi ballar bir-birlərindən bir sabit toplanan qədər fərqlənirlər.

Klassik "həqiqi bal"-test nəzəriyyəsindən çıxan nəticələr və onların isbatı

Əgər, yuxarıda sadalanan fərziyələr (müddüalar) doğru olarsa, onda onlardan istifadə edilərək çoxlu sayda nəticələr əldə etmək mümkündür. Aşağıda, həmin nəticələr və onların isbatı verilmişdir.

- 1.Bütün iştirakçılar üzrə səhv kompanentin riyazi gözləməsi sıfırdır.

$$E[E] = 0 \quad (8)$$

Burada, orta mötərizənin içərisindəki səhv kompanentin işarəsidir.

İsbatı:

$$X = T + E$$
$$E[X] = E[T + E]$$
$$E[X] = E[T] + E[E]$$

Ikinci fərziyəyə görə,

$$E[X] = E[T]$$

Onda, buradan çıxır ki,

$$E[E] = 0$$

- 2.Həqiqi və səhv balların hasilinin riyazi gözləməsi sıfırdır.

$$E[ET] = \sigma_{ET} = 0 \quad (9)$$

İsbatı:

$$\begin{gathered} E[ET] = \\ E[ET] - 0 = \\ E[ET] - E[E]E[T] = \\ Cov(ET) = \\ \sigma_{ET} \end{gathered}$$

buradan,

$$\rho_{ET} = \frac{\sigma_{ET}}{\sigma_E \sigma_T} = 0$$

- 3.Müşahidə olunan balların dispersiyası, həqiqi balların dispersiyası ilə səhv balların dispersiyaları cəminə bərabərdir.

$$\sigma_X^2 = \sigma_T^2 + \sigma_E^2 \quad (10)$$

  Əgər, hər hansı bir testlə imtahan verənlərin hamısının müşahidə olunan, həqiqi və səhv ballarını əldə etmək mümkün olarsa, onda müşahidə olunan balların dispersiyası həqiqi balların dispersiyası ilə səhv balların dispersiyaları cəminə bərabər olur. Əgər, ölçmə elə aparılıbsa ki, onun səhv kompanenti yoxdur, yəni səhv kompanent sıfra bərabərdir, onda müşahidə olunan balların dispersiyası elə həqiqi balların dispersiyasına bərabər olur.

İsbatı:

$$\begin{gathered} \sigma_X^2 = \sigma_{T+E}^2 = \\ \sigma_T^2 + \sigma_E^2 + 2\sigma_{TE}^2 = \\ \sigma_T^2 + \sigma_E^2 \end{gathered}$$

- 4.Müşahidə olunan balla, həqiqi balın korrelyasiyasının kvadratı, həqiqi balın dispersiyasının müşahidə olunan balın dispersiyası nisbətinə bərabərdir.

$$\rho_{XT}^2 = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} \quad (11)$$

İsbatı:

$$\rho_{XT}^2 = [\frac{\sigma_{XT}}{\sigma_X \sigma_T}]^2 =$$

$$[\frac{E[XT] - E[X]E[T]}{\sigma_X \sigma_T}]^2 = [\frac{E[(T+E)T] - E[X]E[T]}{\sigma_X \sigma_T}]^2 =$$

$$[\frac{E[T^2] + E[TE] - E[T]^2}{\sigma_X \sigma_T}]^2 =$$

$$[\frac{\sigma_T^2}{\sigma_X \sigma_T}]^2 =$$

$$\frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2}$$

- 5.Müşahidə olunan balla həqigi bal arasındakı korrelyasiya, birlə səhv balın dispersiyası ilə müşahidə olunan balın dispersiyaları nisbəti fərqinə bərabərdir.

$$\rho_{XT}^2 = 1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2} \quad (12)$$

İsbatı:

$$\sigma_X^2 = \sigma_T^2 + \sigma_E^2$$

Buradan çıxır ki,

$$\sigma_T^2 = \sigma_X^2 - \sigma_E^2$$

hər iki tərəfi σ_X^2 -ə bölsək,

$$\rho_{XT}^2 = 1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2}$$

- 6.Əgər, X və X^1 paralel testlərdirsə, onda

$$\sigma_X^2 = \sigma_{X^1}^2 \quad (13)$$

Beləliklə, kimsə paralel testlər tərtib edibdirsə, onlar üçün bu verilən şərt ödənilməlidir.

İsbatı:

$$\sigma_{X^1}^2 = \sigma_{T^1}^2 + \sigma_{E^1}^2 =$$

$$\sigma_T^2 + \sigma_E^2 =$$

$$\sigma_X^2$$

- 7.Tutaq ki, X, X^1 paralel testlərdir və Y-hər hansı bir başqa testdir. Onda, bu paralel testlərin Y-testi ilə korrelyasiyaları bərabərdir.

$$\rho_{XY} = \rho_{X^1Y} \quad (14)$$

İsbatı:

$$\rho_{XY} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sigma_{(T+E)Y}}{\sigma_X \sigma_Y} \frac{\sigma_{TY} + \sigma_{EY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sigma_{TY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sigma_{T^1Y}}{\sigma_{X^1} \sigma_Y} = \rho_{X^1Y}$$

- 8.İki paralel testin müşahidə olunan balları arasındakı korrelyasiya, onların hər birinin həqiqi ballarının dispersiyasının müşahidə olunan ballarının dispersiyaları nisbətinə bərabərdir.

$$\rho_{XX^1} = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} = \frac{\sigma_{T^1}^2}{\sigma_{X^1}^2} \quad (15)$$

İsbatı:

$$\rho_{XX^1} = \frac{\sigma_{XX^1}}{\sigma_X \sigma_{X^1}} = \frac{\sigma_{(T+E)(T^1+E^1)}}{\sigma_X^2} = \frac{\sigma_{TT^1} + \sigma_{ET^1} + \sigma_{TE^1} + \sigma_{EE^1}}{\sigma_X^2} = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} = \frac{\sigma_{T^1}^2}{\sigma_{X^1}^2}$$

- 9.Paralel testlərin müşahidə olunan balları arasındakı korrelyasiya, vahidlə, testin səhv komponentinin dispersiyası ilə müşahidə olunan balın dispersiyaları nisbətinin fərqinə bərabərdir.

$$\rho_{XX^1} = 1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2} \quad (16)$$

İsbatı:

$$\rho_{XX^1} = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} =$$
$$\frac{\sigma_X^2 - \sigma_E^2}{\sigma_X^2} =$$
$$1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2}$$

- 10.İki paralel testlərin nəticələri arasındakı korrelyasiya, vahidlə müşühidə oluinan bal və səhv bal arasındakı korrelyasıyanın kvadratı fərqinə bərabərdir.

$$\rho_{XX^1} = 1 - \rho_{XE}^2 \quad (17)$$

İsbatı:

$$\rho_{XE}^2 = [\frac{\sigma_{XE}}{\sigma_X \sigma_E}]^2 =$$
$$\frac{(\sigma_{TE} + \sigma_E^2)^2}{\sigma_X^2 \sigma_E^2} =$$
$$\frac{(\sigma_E^2)^2}{\sigma_X^2 \sigma_E^2} = \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2}$$

Buradan,

$$\rho_{XX^1} = 1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2}$$

olduğundan,

$$\rho_{XX^1} = 1 - \rho_{XE}^2$$

- 11.Paralel testlərin müşahidə olunan balları arasında korrelyasiya, müşahidə olunan balın həqiqi balla korrelyasiyasının kvadratına bərabərdir.

$$\rho_{XX^1} = \sigma_{XT}^2 \quad (18)$$

İsbatı: İsbat (4)-ə görə,

$$\rho_{XT}^2 = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2}$$

İsbat (8)-ə görə,

$$\frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} = \rho_{XX^1}$$

- 12.X və X^1 paralel testlərinin müşahidə ballarının covariasiyası həqiqi balın dispersiyasına bərabərdir.

$$\sigma_T^2 = \sigma_{XX^1}$$

İsbatı:İsbat (8)-ə görə,

$$\frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} = \rho_{XX^1}$$

İsbat (6)-ya görə,

$$\sigma_X^2 = \sigma_{X^1}^2$$

və korrelyasiyanın tərifinə görə

$$\rho_{XX^1} = \frac{\sigma_{XX^1}}{\sigma_X \sigma_{X^1}}$$

- 13.X və X^1 paralel testlər olarsa,

$$\sigma_E^2 = \sigma_X^2 (1 - \rho_{XX^1})$$

İsbatı:Nəticə (3)-ə görə,

$$\sigma_E^2 = \sigma_X^2 - \sigma_T^2$$

Nəticə (8)-ə görə,

$$\sigma_X^2 - \sigma_T^2 =$$
$$\sigma_X^2 (1 - \rho_{XX^1})$$

- 14.Tutaq ki, $X//X^1 \;\; və \;\; Z//Z^1, X = T_X + E_X$ və $Z = T_Z + E_Z$-dir. Onda,

$$\rho_{T_X T_Z} = \frac{\rho_{XZ}}{\sqrt{\rho_{XX^1} \rho_{ZZ^1}}}$$

İsbatı:

$$\rho_{T_X T_Z} = \frac{\sigma_{T_X E_Z}}{\sigma_{T_X} \sigma_{T_Z}} = \frac{\sigma_{T_X T_Z} + \sigma_{T_X E_Z} + \sigma_{E_X T_Z} + \sigma_{E_X E_Z}}{\sigma_{T_X} \sigma_{T_Z}} = \frac{\sigma_{T_X T_Z}}{\sigma_{T_X} \sigma_{T_Z}}$$

$$\rho_{T_X T_Z} = \frac{\sigma_{T_X T_Z}}{\sigma_{T_X} \sigma_{T_Z}} = \frac{\rho_{XZ} \sigma_X \sigma_Z}{\sigma_{T_X} \sigma_{T_Z}} = \frac{\rho_{XZ}}{\frac{\sigma_{T_X}}{\sigma_X} \frac{\sigma_{T_Z}}{\sigma_Z}} = \frac{\rho_{XZ}}{\sqrt{\rho_{XX^1} \rho_{ZZ^1}}}$$

- 15.Tutaq ki, $Y_i, i = 1, 2, \cdots, N$-paralel testlərdir.

$$X = \sum_{i=1}^{N} Y_i$$

Onda,

$$\sigma^2_{T_X} = N^2 \sigma^2_{T_Y}$$

.

Burada Y paralel testlərdən biridir.

İsbatı:

$$E[Y_i] = T_i$$

$$\sigma^2_{E_{Y_i}} = \sigma^2_{E_Y}$$

$$T_X = E[X]$$

$$E[\sum_{i=1}^{N} Y_i] =$$

$$\sum_{i=1}^{N} E[Y_i] = NT_Y$$

$$T_X - E[T_X] = NT_Y - E[NT_Y]$$

$$\sigma^2_{T_X} = E[(T_X - E[T_X])^2] =$$
$$E[N(T_Y - E[T_Y])^2] =$$
$$N^2 E[(T_Y - E[T_Y])^2] = N^2 \sigma^2_{T_Y}$$

- 16.Əgər, X və Y bundan əvvəlki, xassənin şərtlərini ödəyirsə, onda

$$\sigma^2_{E_X} = N\sigma^2_{E_Y}$$

İsbatı:

$$E_X = X - T_X =$$
$$\sum_{i=1}^{N} Y_i - NT_Y =$$
$$NT_Y + \sum_{i=1}^{N} E_{Y_i} - NT_Y =$$
$$\sum_{i=1}^{N} E_{Y_i}$$

$$\sigma^2_{E_X} = \sum_{i=1}^{N} \sigma^2_{E_Y} + \sum_{i,j=1,ij}^{N} \sigma_{E_{Y_i}} \sigma_{E_{Y_j}} = N\sigma^2_{E_Y}$$

- 17.Spearman-Brawn düsturu

$$\rho_{XX^1} = \frac{N\rho_{YY^1}}{1+(N-1)\rho_{YY^1}}$$

İsbatı:

$$\rho_{XX^1} = \frac{\sigma^2_{T_X}}{\sigma^2_X} = \frac{N^2\sigma^2_{T_Y}}{\sum_{i=1}^{N} \sigma^2_{Y_i} + \sum_{i,j=1,ij}^{N} \sigma_{E_{Y_i}} \sigma_{E_{Y_j}}} = \frac{N^2\sigma^2_{T_Y}}{N\sigma^2_Y + N(N-1)\rho_{YY^1\sigma^2_Y}} = \frac{N\rho_{YY^1}}{1+(N-1)\rho_{YY^1}}$$

İstifadə olunan ədəbiyyat:

1. "**Introduction to Measurement Theory by Mary J. Allen Wendy M. Yen**"
2. "**Theory of Mental Tests. Harold Gulliksen.New York: Wiley,1950.** "

Etibarlılıq

- Bu bölməni mənimsədikdən sonra aşağıdakıları biləcək və etməyi bacaracaqsınız:
  - Testin etibarlılıq əmsalının nə olduğunu;
  - Etibarlılıq əmsalına təsir edən amilləri;
  - Etıbarlılıq əmsalının müxtəlif üsullarla hesablama qaydalarını.

Testin etibarlılığının tərifi və onun şərhi müxtəlif üsullarla verilə bilir. Məsələn, testin müşahidə olunan balı ilə onun həqiqi balı öz aralarında yüksək dərəcədə korrelyasiya etdikdə test etibarlı hesab edilir. Odur ki, testləşmədə iştirak edənlərin hamısının müşahidə olunan balı ilə həqiqi balının korrelyasiysının kvadratına (ρ^2_{XT}) testin **etibarlılıq əmsalı** deyilir. Əgər, iki paralel test (X və X^1) geniş seçimdə iştirakçılara verilibdirsə, onda bu iki testin müşahidə olunan balları arasında korrelyasiya ($\sigma^2_{XX^1}$) testin **etibarlılıq əmsalı** olacaqdır.

Lakin, əksər hallarda testin həqiqi balını əldə etmək, həmçinin iki testin paralel olduğunu yoxlamaq mümkün olmur. Beləliklə, testin etibarlılığını digər, əlavə metodlarla ölçmək lazım gəlir.

Etibarlılığın ölçülməsinin ümumi metodlarına keçməmişdən öncə etibarlılıq əmsalının təyin və şərh edilməsinin 6 üsulunu veririk. Burada, etibarlılıq əmsalının hamısı üçün eyni işarələmədən (ρ_{XX^1}) istifadə olunur.

Etibarlılıq əmsalının təyininin 6 alternativ üsulu

- 1. ρ_{XX^1} = paralel testlərin müşahidə olunan balları arasında korrelyasiya;
- 2. $\rho^2_{XX^1}$ = X və X^1 arsındakı xətti əlaqədə X-n şərh ediləbilən dispersiya payı;
- 3. $\rho_{XX^1} = \frac{\sigma^2_T}{\sigma^2_X}$
- 4. $\rho_{XX^1} = \rho^2_{XT}$
- 5. $\rho_{XX^1} = 1 - \rho^2_{XE}$
- 6. $\rho_{XX^1} = 1 - \frac{\sigma^2_E}{\sigma^2_X}$

$\rho_{XX^1} = 1$ olduqda, biz aşağıdakıları deyə bilərik:

- 1. Ölçmənin səhv kompanenti yoxdur;
- 2. İmtahan verənlərin hamısı üçün müşahidə olunan bal həqiqi bala bərabərdir($X = T$);
- 3. Müşahidə olunan balların dispersiyası həqiqi balların dispersiyasına bərabərdir ($\sigma^2_X = \sigma^2_T$);
- 4. Müşahidə olunan ballar arasındakı fərq, həqiqi ballar arasındakı fərqə bərabərdir;
- 5. Müşahidə olunan ballarla, həqiqi ballar arasındakı korrelyasiya birə bərabərdir ($\rho_{XR} = 1$);
- 6. Müşahidə olunan ballarla, sıhv ballar arasındakı korrelyasiya sıfra bərabərdir ($\rho_{XR} = 0$).

$\rho_{XX^1} = 0$ olduqda, biz aşağıdakıları deyə bilərik:

- 1. Ölçmənin nəticəsiə yalnız təsadüfü səhvlər daxildir
- 2. İmtahan verənlərin hamısı üçün müşahidə olunan bal həqiqi bala bərabərdir($X = E$);
- 3. Müşahidə olunan balların dispersiyası həqiqi balların dispersiyasına bərabərdir ($\sigma^2_X = \sigma^2_E$);
- 4. Müşahidə olunan ballar arasındakı fərq, ölçmənin səhvini əks etdirir;
- 5. Müşahidə olunan ballarla, həqiqi ballar arasındakı korrelyasiya sıfra bərabərdir ($\rho_{XR} = 0$);
- 6. Müşahidə olunan ballarla, sıhv ballar arasındakı korrelyasiya birə bərabərdir ($\rho_{XR} = 1$).

$0 \leq \rho_{XX^1} \leq 1$ olduqda, biz aşağıdakıları deyə bilərik:

- 1. Ölçmənin nəticəsi özündə müəyyən qədər səhv kompanent saxlayır;
- 2. $X = T + E$;
- 3. Müşahidə olunan balların dispersiyası, müəyyən qədər həqiqi balların dispersiyasını, müəyyən qədər də səhv balların dispersiyasını özündə saxlayır;
- 4. Müşahidə olunan ballar arasındakı fərq, həm həqiqi ballar arasındakı, həm də səhv ballar arasındakı fərqi özündə saxlayır;
- 5. Müşahidə olunan ballarla həqiqi ballar arasında korrelyasiya $\rho_{XT} = \sqrt{\rho_{XX^1}}$ -şərtini ödəyir;
- 6. Müşahidə olunan ballarla səhv ballar arasında korrelyasiya $\rho_{XE} = \sqrt{1 - \rho_{XX^1}}$ -şərtini ödəyir;
- 7. Testin etibarlılıq əmsalı, həqiqi balların dispersiyasının müşahidə olunan balların dispersiyaları nisbətinə bərtabərdir;

- 8. ρ_{XX^1} -göstəricisinin böyük olması həqiqi balların daha dəqiq ölçülməsi deməkdir.

Etibarlılıq əmsalına təsir edən amillər:

- testin çətinliyi;
- tapşırıqların ayırtdetmə əmsalı;
- testin uzunluğu (testə daxil edilən tapşırıqların sayı);
- imtahan verənlərin ballarının dəyişmə diapozonu;
- imtahanın müddəti;
- imtahana aid təlimatın səlistliyi;
- imtahanın özünün zəhmi.

Etibarlılığın hesablanması

Yuxarıda qeyd edilmişdir ki, test üzrə iştirakçıların müşahidə olunan balı ilə iştirakçıların həqiqi balları arasındakı korrelyasiyaya testin etibarlılıq göstəricisi deyilir. Bu tərif özlüyündə məntiqi anlaşılan olsa da praktikada özünün əhəmiyyətli tətbiqini tapa bilmir. Çünki, testləşmənin nəticəsində iştirakçının həqiqi balı bir başa müşahidə olunmur. Lakin, bir qrup iştirakçı ilə dalba-dal iki dəfə eyni bir testlə, yaxud paralel formalı testlərlə testləşmə aparıldıqda, müşahidə olunan ballar arasındakı korrelyasıya ilə müşahidə olunan ballarla həqiqi ballar arasındakı korrelyasiya ilə riyazi əlaqə yaratmaq olur.

Qeyd etmək lazımdır ki, etibarlılıq anlayışı nəzəri anlayışdır və heç bir testə dəqiq paralel test qurmaq mümkün deyil. Bununla belə, etibarlılıq əmsalının hesablanmasının müxtəlif metodları vardır. Bu metodları 3 qrupa bölmək olur:

- Bir testin iki dəfə təklif edilməsini tələb edən metodlar;
- Paralel yaxud alternativ formalar tətbiq edən metodlar;
- Bir testin bir dəfə təklif edilməsini tələb edən metodlar;
- Tapşırıqların covariasiyaların hesablanmasına əsaslanan metodlar.

Birinci qrupa qarşılıqlı əvəzolunabilən yaxud, əvəzolunabilən formalardan istifadə metodları və ya eyni bir testdən təkrar (test-retest) istifadə metodları aiddir. Test formaları, eyni bir qrup iştirakçılara qisa bir zaman kəsiyində təklif edilir. Bu iki testləşmədən alınan test balları arasındakı korrelyasiya etibarlılıq əmsalını qiymətləndirir. Bəzən ona etibarlılığın **ekvivalentlik əmsalı** da deyilir.

Paralel və alternativ formalar-da etibarlılıq əmsalı kimi formaların müşahidə olunan balları arasındakı korrelyasiya hesablanır.

Test-retest metodunda eyni bir test, iştirakçılara iki dəfə təklif edilir. Bu metod vasitəsilə testləşmənin nəticəsinə testləşmə şəraitinin, cavabları təxminetmənin və sairə faktorların təsirini ölçmək olur. Bu zaman bu iki testləşmənin nəticələrinin korrelyasiyasına etibarlılığın **dayanıqlılıq əmsalı** kimi baxmaq olur. Etibarlılığın hesablanmasında aşağıdakı düsturdan istifadə olunur.

$$\rho_{XX^1} = r_{XX^1}$$

Dayanıqlılıq əmsalının işlədilməsidə əsas problem müxtəlif testləşmələr arasındakı müddətin optimal müəyyən edilməsidir. Bu müddət bir tərəfdən uzun olmalıdır ki, iştirakçı təklif edilən suallari kifayət qədər unuda bilsin, digər tərəfdən də qisa olmalıdır ki, ölçülən sahə üzrə əlavə biliklər əldə etməsin.

Əksər hallarda isə iştirakçılara yalnız bir test forması təklif edilir və testin etibarlılıq əmsalı bu bir testin nəticləri əsasında hesablanır. Bu halda testin etibarlılığının təhlili iştirakçıların hamısının tapşırıqlara cavabların öz aralarında **daxili razılaşdırılmasının** əsasında aparılır.

Etibarlılıq əmsalının bu yolla qiymətləndirilməsi prosedurlarına daxili **razılaşdırma metodları** deyilir. Bu metodlar qrupunun ən geniş yayılmışı parçalama metodudur. Testin etibarlılığının hesablanmasında parçalama metodunun tətbiqində test tapşırıqları müəyyən qayda ilə iki hissəyə bölünür və alınan testlərin əmələ gətirdiyi alttestlərin balları arasında korrelyasiya hesablanır. Burada əsas ideya ondan ibarətdir ki, test iki alttestə elə bölünsün ki, alınan alttestlər mümkün qədər paralel testlər xüsusiyyətin öz aralarında əmələ qətirə bilsin.

Testin iki alttestdə parçalanmasını dörd qəbul edilən üsulu vardır:

1. Tək nömrəli tapşırıqlar birinci alttestə cüt nömrəli tapşırıqlar isə ikinci alttestə salınsın;
2. Əvvəlcə tapşırıqlar çətinlik dərəcələrinin artması sırasıyla düzülür, sonra tək nömrəli tapşırıqlar birinci alttestə cüt nömrəli tapşırıqlar isə ikinci alttestə salınır;
3. Tapşırıqlar alttestlərə təsadüfü qaydayla paylanılır;
4. Tapşırıqlar alttestlərə məzmunlarına uyğun paylanır.

Etibarlılıq əmsalının bir testin keçirilməsindən hesablanması

Əgər test bir neçə hissədən ibarət olarsa biz onu iki paralel testə bölməyə çalışarıq. Sonra bu paralel testlər arasında korrelyasiyanı hesablayarıq və Spirmen-Braun düsturundan istifadə edərək bütov testin etibarlılığın taparıq. Bu metodun zəif yeri testin ixtiyari iki hissəyə bölünməsidir.

Spirman-Braun düsturu

Biz yuxarıda göstərmişdik ki,

$$\sigma_{NT}^2 = N^2 \sigma_T^2$$

və

$$\sigma_{NE}^2 = N \sigma_E^2$$

İndi tutaq ki, $X(N)$ və $X^1(N)$, X və ona paralel olan X^1-testlərinin N-dəfə uzadılmasından alınan testlərdir. Onda,

$$\rho X_{(N)} X^1_{(N)} = \frac{N^2\sigma_T^2}{N^2\sigma_T^2 + N\sigma_E^2} = \frac{N\sigma_T^2}{N\sigma_T^2 + \sigma_E^2} = \frac{N\sigma_T^2}{N\sigma_T^2 + \sigma_X^2 - \sigma_T^2} = \frac{N\sigma_T^2}{\sigma_X^2 + (N-1)\sigma_T^2} = \frac{N\rho_{XX^1}}{1 + (N-1)\rho_{XX^1}}$$

Etibarlılığın hesablanmasının aşağıda təklif edilən metodunda bütün alttestlər iştirak edir.

Tutaq ki,

$$X = X_1 + X_2 + \cdots + X_N \quad (4.1)$$

N-hissədən ibarətdir və bu hissələr ayrı-ayrı tapşırıqlar da ola bilər.

$$T = T_1 + T_2 + \cdots + T_N \quad (4.2)$$

onların həqiqi ballarıdır.

$$\rho_{XX^1} = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} = \frac{\sum_{i=1}^N \sigma_{T_i^2} + \sum_{i=1}^N \sum_{j\neq i}^N \sigma_{T_i}\sigma_{T_j}}{\sigma_X^2} \quad (4.3)$$

Nəzərə alaq ki, testin hissələrinin doğru ballar üzrə kovariasiyası, onların müşahidə olunan ballar üzrə kovariasiyasına bərabərdir.

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j-i}^N \sigma_{T_i}\sigma_{T_j} = \sum_{i=1}^N \sum_{j\neq i}^N \sigma_{X_i}\sigma_{X_j} \quad (4.4)$$

İstifadə olunan ədəbiyyat:

1. "**Introduction to Measurement Theory by Mary J. Allen Wendy M. Yen (z-lib.org).pdf**"
2. "**Theory of Mental Tests - 1st Edition - Harold Gulliksen**"

Pirson korrelyasiya əmsalı və onun xüsusi halları

- Bu bölməni mənimsədikdən sonra aşağıdakıları biləcək və etməyi bacaracaqsınız:
  - Diskret təsadüfü dəyişənlər intervallar, yaxud mütləq şkalada olanda Pirson korrelyasiya əmsalı;

- ○ Dəyişənlərdən biri dixotomik (nizam şkalası) digəri daha zəngin şkalada olanda Pirson korrelyasiya əmsalının sadələşməsi;
- ○ Dəyişənlərdən hər ikisi dixotomik olanda (nizam şkalası) Pirson korrelyasiya əmsalının sadələşməsi;

İntervallar, yaxud mütləq şkalada ölçülən və üzunluqları eyni olan iki təsadüfü diskret dəyişən arasındakı əlaqənin istiqaməti və gücü **Pirson korrelyasiya əmsalı** ilə ölçülür.

$$r_{XY} = \frac{Cov(XY)}{\sqrt{Var(X)Var(Y)}} =$$

$$\frac{\sum X_i Y_i - E[X]E[Y]}{\sqrt{[\sum X^2 - E[X]^2][\sum Y^2 - E[Y]^2]}}$$

İki diskret təsadüfü dəyişənin hər ikisi dixotomik olanda onlar arasında əlaqə ölçüsü

Hər iki dəyişən dixotomik adlı şkalada olduqda, onlar arsında əlaqə ölçüsü kimi, φ, "fi"-əmsalından istifadə olunur. Məsələn, tutaq ki, {X} və {Y} eyni bir testin dixotomik tapşırıqlarına cavablardır. Onda bu tapşırıqlara cavabların bir-birlərinə nə qədər yaxın olması bu düsturla hesablanır.

$$\varphi_{XY} = \frac{p_{XY} - p_X p_Y}{\sqrt{p_X q_X p_Y q_Y}}$$

Burada, p_{XY} , X və Y təsadüfü kəmiyyətlərinin hasillərindən alınan diskret təsadüfü kəmiyyətin riyazi gözləməsidir. Aydindır ki XY -təsadüfü kəmiyyəti bir qiymətini, yalnız hər iki vuruq bir olduqda alır. Beləliklə, p_{XY} -sadəcə olaraq hər iki tapşırığa doğru cavab verənlərin payı olur.

- p_{XY} , X və Y -tapşırığına eyni zamanda doğru cavab verənlərin payı;
- p_X, X-tapşırığına doğru cavab verənlərin payı;
- $q_X = 1 - p_X$, X-tapşırığına doğru olmayan cavab verənlərin payı;
- p_Y, Y -tapşırığına doğru cavab verənlərin payı;
- $q_Y = 1 - p_Y$, Y -tapşırığına doğru olmayan cavab verənlərin payı;

Bu düsturun ümumi korrelyasiya düsturundan çıxarılışın verək

$$r_{XY} = \frac{Cov(XY)}{\sqrt{Var(X)Var(Y)}} =$$

$$\frac{(1/n)\sum X_i Y_i - E[X]E[Y]}{\sqrt{[(1/n)\sum X^2 - E[X]^2][(1/n)\sum Y^2 - E[Y]^2]}}$$

Nəzərə alsaq ki,

$E[X] = p_X, E[Y] = p_Y, (1/n)\sum X_i Y_i = p_{XY}$ və

$$\sqrt{[(1/n)\sum X^2 - E[X]^2]} =$$

$$\sqrt{p_X - p_X^2} =$$

$$\sqrt{\ p_X(1 - p_X)} =$$

$$\sqrt{p_X q_X}$$

Bu çevrilməni Y-dəyişəni üçün də yazsaq.

$$\sqrt{[(1/n)\sum Y^2 - E[Y]^2]} =$$

$$\sqrt{p_Y - p_Y^2} =$$

$$\sqrt{\ p_Y(1 - p_Y)} =$$

$$\sqrt{p_Y q_Y}$$

Bunları nəzərə alsaq yuxarıda verilən φ-əmsalını alarıq.

İki diskret təsadüfü dəyişənin biri dixotomik, digəri interval, yaxud nizam şkalasında olanda onlar arasında əlaqə ölçüsü

Dəyişənlərin biri **dixotomik (adlı) şkalada**, digəri daha zənğin şkalada, məsələn **interval**, yaxud **nizam** şkalasında veriləndə onlar arasında korrelyasiya əmsalı **biserial korrelyasiya əmsalı** adlanır. Məsələn, testin tapşırıqları dixotomikdirsə, onda tapşırığa cavabla testin cəm balları arasındakı korrelyasiya bu şəkildə olur. Digər bir misal olaraq, biz şagirdlərin buraxılış imtahan balları ilə onların ali məktəblərə qəbul olmaları arasındakı əlaqəyə baxa bilərik. Bu zaman buraxılış imtahan balları intervallar, yaxud nizam şkalasında, qəbul isə dixotomik şkalada olur (1-qəbul olub, 0-qəbul olmayıbdır). Yəni, şagird ali məktəbə qəbul olursa 1 qəbul olmursa 0-la dəyərləndirilir.

Bu iki dəyişənlər arasındakı əlaqəni **Pirson korrelyasiya əmsalı** ilə hesablamaq olur. Bu halda korrelyasiya əmsalına **nöqtəvi-biserial korrelyasiya əmsalı** deyilir r_{pb}-kimi işarə edilir. Burada "biserial"- termini dixotomik dəyişənin iki qiymət almasına işarədir. Bu əmasalın tapılması düsturu və adı Karl Pirsona məxsusdur. Düsturun sadələşdirilmiş forması aşağıdakı kimidir.

$$r_{pbl} = \frac{\overline{X_{l1}} - \overline{X_{l0}}}{\sigma_X}\sqrt{\frac{n_1 n_o}{n(n-1)}} \quad (1)$$

Bu düsturda, l-nömrəli tapşırıqla testin cəm balları arasında Pirson korrelyasiya əmsalı verilmişdir.

- $\overline{X_{l1}}$ - Tapşırığa cavablar bir olduqda, cəm balların orta qiyməti
- $\overline{X_{l0}}$ - Tapşırığa cavablar sıfır olduqda, cəm balların orta qiyməti

n-testin uzunluğu, n_1 -tapşırığa cavablarda birlərin sayı, n_0 -tapşırığa cavablarda sıfırların sayıdır.

Bu düstur, Pirson korrelyasiya əmsalının bir sadələşdirilmiş formasıdır. Onun aşağıdakı kimi daha iki forması vardır.

$$r_{pbl} = \frac{\overline{X_{l1}} - \overline{X}}{\sigma_X} \sqrt{\frac{n_1 n}{n_0(n-1)}} \quad (2)$$

və

$$r_{pbl} = \frac{\overline{X} - \overline{X_{l0}}}{\sigma_X} \sqrt{\frac{n n_o}{n_1(n-1)}} \quad (3)$$

Bu misal G.V.Glass və J.C.Stanleyin “Statistical Methods in Education and Psychology” kitabındandır (1970-ci il).

Misalda, 15 nəfər qadın və kişinin boylarının uzunluğu santimetrlə verilmişdir. Bizi bu iki dəyişən, yəni cinslə boyun uzuluğu arasında əlaqə maraqlandırır. Biz datamızı və vesablamalarımızı R-da edəcəyik.

```
library(tidyverse)
Adlar <- LETTERS[1:15] # Adları latın əlifbasının baş hərfləri ilə işarə edək
Cinsi <- c(1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0) # kişilər 1, qadınlar sıfırla işarə edək
Boyu <- c(150, 170, 160, 165, 140, 183, 157, 152, 163, 168, 160,
          155, 157, 160, 162) ## Boyların uzunluğu santimetrlə

DATA <- data.frame(Adlar,Cinsi, Boyu)
DATA$Boyu <- as.numeric(DATA$Boyu)
DATA
```

Adlar <chr>	Cinsi <dbl>	Boyu <dbl>
A	1	150
B	0	170
C	1	160
D	1	165
E	0	140
F	1	183
G	0	157
H	0	152
I	1	163
J	1	168

1-10 of 15 rows Previous **1** 2 Next

```
n = 15  # kişı və qadınların birgə sayı
n_1 = 8 # kişılərin sayı
n_2 = 7 # qadınların sayı

M <- mean(DATA$Boyu) # kişı və qadınların boylarının orta qiyməti

Q <- DATA %>%
  filter(Cinsi == 1)
M_1 <- mean(Q$Boyu) # Kişilərin boylarının orta qiyməti
M_1
```

```
## [1] 163.25
```

```
K <- DATA %>%
  filter(Cinsi == 0)
M_0 <- mean(K$Boyu) # Qadınların boylarının orta qiyməti
M_0
```

```
## [1] 156.5714
```

```
S_x <- sd(DATA$Boyu)
S_x # kişı və qadınların boylarının paylanmasının orta kvadratik meyli
```

```
## [1] 9.77509
```

(1)-düsturuna əsasən, nöqtəvi-biserial korrelyasiyanı hesablayaq.

```
r_1 = ((M_1 - M_0)/S_x)*(7*8/(15*14))^0.5
r_1
```

```
## [1] 0.3528151
```

(2)-düsturuna əsasən, nöqtəvi-biserial korrelyasiyanı hesablayaq.

```
r_2 = ((M_1 - M)/S_x)*(15*8/(7*14))^0.5
r_2
```

```
## [1] 0.3528151
```

(3)-düsturuna əsasən, nöqtəvi-biserial korrelyasiyanı hesablayaq.

```
r_3 = ((M - M_0)/S_x)*(7*15/(8*14))^0.5
r_3
```

```
## [1] 0.3528151
```

Hesablamalar göstərir ki, oğlanlar orta hesabla qızlardan hündürdür. Oğlanların orta boyu 163.25 sm, Qızların orta boyu 156.5714 santimetrdir. Lakin, boyla cins arasındakı əlaqə zəifdir (0.3528151)

Test ballarının şərhi və normalar

Bu bölməni mənimsədikdən sonra aşağıdakıları biləcək və etməyi bacaracaqsınız:

1. Test ballarını şərh etməyi və onları mənalandırmağı;

2. Testin yazılma məqsədindən asılı olaraq, balların şərhində hansı yanaşmanı (normaya, yaxud meyara istiqamətlənmiş) seçməyi;

3. Normaya istinad edilən yanaşmada balların növlərini müəyyən etməyi;

- Z-qiymətlər;
- T-qiymətlər;
- Persentil ranklar(percentile ranks).

4. Müxtəlif çətinlikli testlərin cəm ballarının paylanmasını müqayisə etməyi;

- Paylanmanı xarakterizə edən ədədi göstəricilərlə;
- Histoqramlarının vasitəsilə;
- Gövdə-budaq təqdimatının köməyilə;
- Bığli-qutu təqdimatı ilə;
- Sıxlıq qrafiklərinin müqayisəsilə;

5. Testin cəm ballarının tezliklərinin paylanmasının normal paylanmaya yaxın olmasını yoxlamağı;

- Paylanmanı xarakterizə edən ədədi göstəricilərlə;
- Q-Q qrafiki ilə (paylanmanın kvantilləri normal paylanmanın kvantilləri ilə müqayisə edilir);
- Statistik testlərlə (Shapiro, Kolmoqorov_Smirnov);

İstifadə olunacaq paketlər

```
library(tidyverse)
library(epmr)
library(psych)
library(psychometric)
library(ShinyItemAnalysis)
library(readr)
library("ggpubr")
```

Təhsil sahəsində tətbiq edilən ölçü alətlərinin, yəni testlərin nəticələrini konteksdən, yaxud istinad olunduğu sistemdən təcrid olunmuş formada şərh etmək, alınan balları mənalandırmaq demək olar ki, mümkün olmur. Nə demək istədiyimizi aşağıdakıl misalla izah etməyə çalışaq:

Tutaq ki, bir şağird bizə deyir ki, mən sinfimizdə riyaziyyatdan keçirilən testlə imtahandan 20 bal toplamışam. Onda bu deyiləni düzgün başa düşmək üçün, yaxud düzgün mənalandımaq üçün, aşağıdakı kimi iki sual verməyə zərurət yaranır:

- **1.Sizin sinifdən həmin testi verən diğər şağirdlərin nəticələri necədir?**
- **2.Həmin testdə cəmi neçə sual vardır?**

Ümumiyyətlə, sosial ölçmələrdə bu iki növ sual, yəni imtahan aparılan qrupda digərlərinin balları haqda məlumat və testdəki sualların sayının bilinməsi, balların şərhinin **normaya, yaxud meyara** istinad edilərək aparılmasını müəyyən edir.

Birinci halda, yəni balların şərhi normaya istinad edilərək aparıldıqda ballar **norma** rolunu oynayan qrupdakı iştirakçıları bir-birləri ilə müqayisə etməyə və onları bu ballara görə ranqlaşdırmağa, yəni artan yaxud azalan sıra ilə düzməyə imkan yaradır. Bizim misalda şagirdlə eyni zamanda test verən həmin sinfin digər şagirdlərinin nəticələri də məlum olarsa, biz bütün sinfin şagirdlərini bu testn nəticələrinə görə artan, yaxud azalan sıra ilə düzə bilərik. Bu zaman şagirdin sinfindəki şagirdlər istinad olunan qrup, yaxud **norma qrupu** (normanın müəyyən edildiyi qrup) rolunu oynayır.

Məsələn, baxdığımız şagirdin nəticəsi bu sinifdə 90% ola bilər. Bu o deməkdir ki, bu şagird sinifdəkilərin 90%-dən yaxşı nəticə göstəribdir. Başqa sözlə, sinfin şagirdlərinin 90%-nin həmin testdən yığdıqları ballar bu şagirdin nəticəsindən, yəni 20 baldan azdır və ya 20 bala bərabərdir. Beləliklə, bizim şagirdin yığmış olduğu 20 bal bu konteksdə, belə yanaşmada, yəni həmin imtahanda iştirak edən digər şagirdlərin fonunda məna kəsb etmiş olur. Şagirdin ölçülən sahə üzrə sırada yerini digər şagirdlər arasında yığdığı bu 20 bala görə tapa bilirik.

Digər tərəfdən, baxmayaraq ki, bizim şagirdin bu 20 balla sinifdə nəticəsi 90%-dır, onun testin neçə faizinə cavab verdiyini biz hələ də məlum deyil. Yəni, testdə 20-dən çox sayda sual ola bilərdi və bu fakt bizim şagirdin sinifdəki nisbi yerinə heç bir təsir göstərməzdi.

Biz ikinci sualı şagirdin yoxlanılan materialın, yaxud testin məzmununun əks etdirdiyi materialın, hansı hissəsini mənimsədiyini aşkarlamaq üçün veririk. İkinci suala cavabla onun ölçülən sahə üzrə **mütləq yerini** müəyyən etmək istəyirik.

İndi, tutaq ki, testdə 40 sual vardır və bizim şagird yuxarıda qeyd edildiyi kimi, 20 suala doğru cavab veribdir. Yəni, 20 balla testin tapşırıqlarının cəmi yarısına, yəni 50%-nə doğru cavab vermişdir. Onda, şagirdin yığdığı 20 balın bu yolla şərhinə **meyara istinad edilməklə** şərh, yaxud **məzmuna istiqamətlənmiş** şərh deyilir. Göründüyü kimi, bu zaman 20 bal tamamilə başqa, məna kəsb edir. O şagirdin verdiyi doğru cavabların faizini ifadə edir və biz bunu ölçülən meyarın (sahənin) şagir tərəfindən mənimsənilən hissəsi kimi qəbul edirik.

Test ballarının meyara istiqamətlənmiş şərhi, buraxılış imtahanlarında, yaxud hansısa bir kursun sonunda kurs materiallarının bəlli səviyyədə mənimsənilməsinin yoxlanılmasında və sairə bu kimi yekun nəticələrin ölçülməsində geniş istifadə olunur. Məsələn, tutaq ki, müvafiq qrum tərəfindən qərar qəbul olunur ki, sürüçülük kursunu bitirən, yaxud tibb texnikomunu bitirən müdavim kursun nəzəri materialının 90%-ni bilməlidir. Bu o deməkdir ki, əvvəlcədən bir keçid balı müəyyən edilir (90%) və yalnız, imtahanın nəticəsində bu keçid balından çox yığmiş olanlar kursu mənimsəmiş hesab edilirlər. Təhsil sahəsində də əksər test ballarının (məsələn BSQ-lərin) şərhi də bu konteksdə aparılmalıdır. Yəni, şagird keçilmiş materialın hansı hissəsini mənimsəməlidir və hansı hissəsini mənimsəmişdir sualına cavab axtarılmalıdır.

Balların şərhində bu iki yanaşmadan hansına üstünlük verilməlidir

Çoxlu sayda geniş yayılmış nailiyyət testləri vardır ki, onların ballarının şərhində hər iki yanaşmadan, yəni həm normaya istinad edilən, həm də meyara istinad edilən şərhlərdən istifadə olunur. Bu zaman hər iki göstərici, yəni iştirakçının norma qrupundakı yeri və ölçülən konstruktun ayri-ayri kompanentləri üzrə doğru cavabların faizi göstərilir.

Bununla yanaşı, sosial sahələrdəki ölçmələrdə əsasən ya normaya ya da meyara istinad edilmiş yanaşmalardan birindən istifadə olunur. Meyara istinad edilmiş yanaşmalarda adətən, ölçülən **konstrukt** keçid nöqtələrilə müəyyən kateqoriyalara bölünür və iştirakçı yığdığı balın miqdarından asılı olaraq bu və ya digər kateqoriyaya aid edilir.

Məsələn, 40 tapşırıqdan ibarət yekun testin nəticələrini (0, 10], (10, 20], (20, 30], (30, 40] kimi 4 yerə bölüb, şagirdin yığdığı balın hansı hissəyə düşməsindən asılı olaraq nəticəni "qeyri-kafi", "kafi", "yaxşı", "əla" kimi dəyərləndirmək olar və sairə.

Normaya istinad olunan testlərdə məqsəd ölçülən sahə üzrə iştirakçıları bir-birlərilə müqayisə edə bilməkdir. Məsələn, yeni anadan olmuş uşağın çəkisi və boyunun uzunluğu normaya görə müəyyən edilir. Adətən, bu zaman norma qrupu olaraq uşağın anadan olduğu ölkənin bütün yeni doğulmuş uşaqlar çoxluğu təşkil edir. Məsələn, konkret yeni doğulmuş uşağın boyu 70%, çəkisi 85%-dir o deməkdir ki, onun boyu ölkədə yeni anadan olan uşaqların 70%-nin boyundan böyük ya bərabər, çəkisi ölkədə yeni anadan olan uşaqların 85%-nin çəkisindən böyük ya bərabərdir.

Çoxlu sayda qabiliyyət, nailiyyət və fərdi testlərin də balları normaya istinad olunaraq şərh edilir. Bunlardan ən geniş yayılanı və hamıya yaxşı tanış olanları, **İQ-testləri**, yaxud intellekt testləridir. Bu testlərdən yığılan ballar digərlərinin bu testlərdən yığdıqları balların əsasında (fonunda) mənalandırılır. Burada balların paylanması orta qiyməti 100, orta kvadratik meyli 15 olan bir şkalada verilir. Deməli, İQ-testindən 115 bal toplamaq paylanmanın orta qiymətindən bir orta kvadratik meyl qədər yuxarıda olmaq deməkdir.

Normaya istinad olunan testlər çox vaxt seçim məqsədləri üçün tərtib edilir. Məsələn, SAT, GRE kimi testlər bu növ testlərdəndir. Lakin, normaya istinad edilən testlərin heç də hamısında seçim məqsədi güdülmür. Məsələn, yuxarıda qeyd olunan anadan yeni doğulmuş uşaqların çəkisinin, yaxud boyunun normaya görə tapılmasında seçim məqsədi yoxdur.

Beləliklə, balların şərhi üçün istinad olunan sistemin seçilməsi testin məqsədindən asılı olur.

Əgər testləşmənin nəticəsində alınan ballar iştirakçıları bir-birlərilə müqayisə üçün istifadə olunacaqsa onda normaya istinad olunan testlərdən istifadə məqsədə uyğundur. Əgər ölçmənin məqsədi iştirakçının ölçülən sahəni nə dərəcədə mənimsədiyini müəyyən etməkdirsə, onda meyara istinad edilən test məqsədə uyğundur.

Bu iki növ testin tərtibində tapşırıqlarının seçilməsi də fərqlidir. Əgər, test meyara istiqamətlənmiş testdirsə, onda tapşırıqların çətinlik dəcələri keçid nöqtəsinin ətrafında olmalıdır. Əgər, test normaya istiqamətlənmiş testdirsə, onda tapşırıqların çətinlik dəcələri geniş diapozonda olmalıdır.

Sosial ölçmələrdə daha çox normaya isinad edən testlərdən istifadə edildiyindən biz bu növ testlərə daha geniş baxacayıq.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi normaya yönəldilmiş testlərdə ballar norma qrupundakı digər iştirakçıların ballarına istinad olunaraq şərh edilir. Belə qrupa **norma qrupu**, bu qrupdan alınan ballara isə çox vaxt **normalar** deyilir. Bir çox hallarda istifadə olunan testlər üçün norma qrupu tərkibinə və sayına görə kifayət qədər geniş olur. Lakin, balların təhrif olunmamış şərhi üçün norma qrupları kifayət qədər geniş olmamalı, tərkibinə və sayına görə testin məqsədinə uyğun olmalıdır.

Normaya istinad edilən balların tipləri

Normaya istinad edilən yanaşmanın populyar olması nəticəsində çoxlu sayda normaya istinad olunaraq şərh edilən ballar tipi yaranmışdır. Bunlara misal olaraq, **persentil rankları**, Z və T balları, normallaşdırılmış Z və T balları, staninləri və sairə ekvivalent balları göstərmək olar.

Bu sadalananlar və bunlardan başqa normaya istinad olunaraq şərh edilən ballar **çiy və ya ilkin balların** çevrilməsindən alınır və balların şərhinin başa düşülməsinin sadələşdirilməsinə xidmət edir. Burada çiy və ya ilkin bal dedikdə tapşırıqlara verilən doğru cavabların cəmi başa düşülür. Onların çevrilməsindən (xətti və ya geyri-xətti) alınan digər bal tiplərinin ümumi adı isə **törəmə ballardır**.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, bu balları təcrid edilmiş formada şərh etmək mümkün deyil.

- **Z-qiymətlər**-konkret çiy balın paylanmanın orta qiymətinə nəzarən harada yerləşməsi haqda məlumat verir. Yəni, bu balın orta qiymətin solunda yaxud sağında yerləşməsindən və orta qiymətdən neçə standart vahid uzaqda olmasından xəbər verir

- **T-qiymətlər** Z-qiymətlərin xətti çevrilməsindən alınır. Sadəçə olaraq, Z-qiymətlər 10-a vurulub üzərinə 50 gəlirlər.
- **Persentil ranklar(percentile ranks)**. Persentil ranklar verilən baldan az yığan iştirakçıların faizini göstərir. Məsələn, norma qrupunda 65 baldan az yığanlar 50% təşkil edirlərsə, bu o deməkdir ki, 65 balın 50-ci persentil ranqı var. Biz bunu P50 kimi işarə edəcəyik. Persentil ranklar asan başa düşüldüyündən və norma qruplarının hamısına tətbiq oluna bildiyindən geniş yayılıb və müəyyən üstünlüklərə malikdir. Daha çox istifadə olunan P25, P50, P75 persentil ranklar quartillər adlanır. Çünki, onlar bütün baalları 4 bərabər hissəyə bülür. P10, P20, P3, … , P100-ə isə desillər deyilir və balları 10 bərabər yerə bölür.

Testin cəm ballarının tezliklərinə görə paylanması

Çətinlik dərəcələrinə görə müxtəlif testlərin cəm ballarının paylanmalarını bir-birləri ilə müqayisə etmək üçün özümüzün süni surətdə tərtib etdiyimiz üç testi (Asan, Orta və Çətin) R proqramına yükləyirik. Bu testlərin necə tərtib olunduqları vəsaitin axırında "Dataların düzəldilməsi" hissəsində verilmişdir.

```
Asan <- read_csv("Asan.csv")
Orta <- read_csv("Orta.csv")
Çətin <- read_csv("Çətin.csv")
```

Hər bir data proqrama yükləndikdən sonra mütləq, onun qruluşuna baxılmalıdır. Burada, onun ölçüləri, yəni sətir və sütunların sayı, sütunlarda yerləşən dəyişənlər, onların tiplıri haqda məlumat verilir. Qeyd edək ki, datanın dəyişənlər üzərində hər hansı bir əməliyyatın aparılması üçün unun dəyişənlərinin qruluşu və tiplərinin bilinməsi çox vacibdir. Qeyd edək ki, datalar ümumiyyətlə desək çox mürəkkəb ola bilir. Bizim halda datalar qruluşlarına görə çox sadədir. Belə ki hər üç testdə yalnız, 1000 iştirakçının 40 asan, orta və çətin suallara cavabları verilmişdir.

```
glimpse(Asan)
```

```
## Rows: 1,000
## Columns: 40
## $ `Tapsh-1`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-2`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-3`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1,…
## $ `Tapsh-4`  <dbl> 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-5`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-6`  <dbl> 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-7`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-8`  <dbl> 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-9`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1,…
## $ `Tapsh-10` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-11` <dbl> 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-12` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-13` <dbl> 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-14` <dbl> 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-15` <dbl> 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-16` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-17` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1,…
## $ `Tapsh-18` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-19` <dbl> 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-20` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-21` <dbl> 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-22` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-23` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-24` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-25` <dbl> 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-26` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-27` <dbl> 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-28` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-29` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-30` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-31` <dbl> 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-32` <dbl> 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-33` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-34` <dbl> 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-35` <dbl> 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-36` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-37` <dbl> 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-38` <dbl> 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-39` <dbl> 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1,…
## $ `Tapsh-40` <dbl> 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1,…
```

```
glimpse(Orta)
```

```
## Rows: 1,000
## Columns: 40
## $ `Tapsh-1`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-2`  <dbl> 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-3`  <dbl> 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1,…
## $ `Tapsh-4`  <dbl> 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1,…
## $ `Tapsh-5`  <dbl> 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-6`  <dbl> 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-7`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-8`  <dbl> 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-9`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0,…
## $ `Tapsh-10` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0,…
## $ `Tapsh-11` <dbl> 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1,…
## $ `Tapsh-12` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-13` <dbl> 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-14` <dbl> 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-15` <dbl> 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-16` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-17` <dbl> 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0,…
## $ `Tapsh-18` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-19` <dbl> 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-20` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-21` <dbl> 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-22` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-23` <dbl> 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-24` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-25` <dbl> 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-26` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-27` <dbl> 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-28` <dbl> 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0,…
## $ `Tapsh-29` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-30` <dbl> 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-31` <dbl> 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-32` <dbl> 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-33` <dbl> 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-34` <dbl> 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0,…
## $ `Tapsh-35` <dbl> 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-36` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-37` <dbl> 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-38` <dbl> 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-39` <dbl> 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1,…
## $ `Tapsh-40` <dbl> 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1,…
```

```
glimpse(Çətin)
```

```
## Rows: 1,000
## Columns: 40
## $ `Tapsh-1`  <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-2`  <dbl> 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1,…
## $ `Tapsh-3`  <dbl> 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1,…
## $ `Tapsh-4`  <dbl> 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1,…
## $ `Tapsh-5`  <dbl> 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-6`  <dbl> 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0,…
## $ `Tapsh-7`  <dbl> 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-8`  <dbl> 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-9`  <dbl> 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0,…
## $ `Tapsh-10` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0,…
## $ `Tapsh-11` <dbl> 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0,…
## $ `Tapsh-12` <dbl> 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-13` <dbl> 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-14` <dbl> 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-15` <dbl> 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1,…
## $ `Tapsh-16` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-17` <dbl> 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0,…
## $ `Tapsh-18` <dbl> 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-19` <dbl> 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,…
## $ `Tapsh-20` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1,…
## $ `Tapsh-21` <dbl> 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-22` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-23` <dbl> 0, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-24` <dbl> 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1,…
## $ `Tapsh-25` <dbl> 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-26` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-27` <dbl> 0, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-28` <dbl> 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0,…
## $ `Tapsh-29` <dbl> 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-30` <dbl> 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-31` <dbl> 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-32` <dbl> 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0,…
## $ `Tapsh-33` <dbl> 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1,…
## $ `Tapsh-34` <dbl> 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0,…
## $ `Tapsh-35` <dbl> 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0,…
## $ `Tapsh-36` <dbl> 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-37` <dbl> 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1,…
## $ `Tapsh-38` <dbl> 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0,…
## $ `Tapsh-39` <dbl> 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1,…
## $ `Tapsh-40` <dbl> 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1,…
```

Testin cəm ballarının düzəldilməsi **"rowSums"** funksiyasının köməyilə edilir. Cəm balların tezliklərinə görə paylanmasının tapılmasımnda **"table"** funksiyasından istifadə etmişik.

```
Cəm_bal_Asan <- rowSums(Asan) ## Asan testin cəm ballarının tapılıması
Cəm_bal_Orta <- rowSums(Orta) ## Orta testin cəm ballarının tapılıması
Cəm_bal_Çətin <- rowSums(Çətin) ## Çətin testin cəm ballarının tapılıması
table(Cəm_bal_Asan) ## Asan testin cəm ballarının tezliklərinə görə paylanması
```

```
## Cəm_bal_Asan
##  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33
##  2  1  1  4  8  2  8 15 13 22 14 19 23 30 32 34 26 41 49 57 52 48 51 57 46 45
## 34 35 36 37 38 39 40
## 69 68 50 41 38 25  9
```

```
table(Cəm_bal_Orta) ## Orta testin cəm ballarının tezliklərinə görə paylanması
```

```
## Cəm_bal_Orta
##  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
##  1  3  4  5 10 23 16 18 33 33 39 40 40 40 49 54 57 56 47 50 39 41 48 35 33 34
## 31 32 33 34 35 36 37 38 39
## 35 36 23 20 10 12  2  8  6
```

```
table(Cəm_bal_Çətin) ## Çətin testin cəm ballarının tezliklərinə görə paylanması
```

```
## Cəm_bal_Çətin
##  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
##  4  8 19 30 46 51 37 58 69 52 81 61 52 60 43 37 46 39 30 27 34 17 25 18  7 16
## 30 31 32 33 34 35 37 38
## 10  8  2  6  2  3  1  1
```

Müxtəlif səviyyəli testlərin cəm balların müqayisə olunması məqsədiylə hər üç növ testin cəm ballarının xarakteristikalarının bir yerdə cədvəl formasında verilməsi

```
DF <- rbind(ASAN = summary(Cəm_bal_Asan), ORTA = summary(Cəm_bal_Orta), Çətin = summary(Cəm_bal_Çəti
n))
DF
```

```
##       Min. 1st Qu. Median   Mean 3rd Qu. Max.
## ASAN     8      24     29 28.695      34   40
## ORTA     5      17     22 22.404      28   39
## Çətin    4      11     15 16.212      20   38
```

Bu cədvələ görə *asan testdə* minimum bal 9 maksimum bal 40, median 29, orta qiymət 28.426-dir.

Orta testdə minimum bal 4 maksimum bal 40, median 21, orta qiymət 21.634-dir.

Çətin testdə minimum bal 2 maksimum bal 38, median 14, orta qiymət 14.871-dir.

Cəm ballarının qruluşuna növbəti baxışı **gövdə və budaq** (Stem and Leaf Plot) təqdimatı vasıtəsilə edək. İmtahanda iştirak edənlərin sayı qismən az olanda, cəm ballarının bu növ təqdimatda müqayisəsi daha effektiv olur.

```
stem(Cəm_bal_Asan, scale = 2) ## Asan testin cəm ballarının gövdə və budaq təqdimatı
```

```
##
##   The decimal point is at the |
##
##    8 | 00
##    9 | 0
##   10 | 0
##   11 | 0000
##   12 | 00000000
##   13 | 00
##   14 | 00000000
##   15 | 000000000000000
##   16 | 0000000000000
##   17 | 0000000000000000000000
##   18 | 00000000000000
##   19 | 0000000000000000000
##   20 | 00000000000000000000000
##   21 | 000000000000000000000000000000
##   22 | 00000000000000000000000000000000
##   23 | 0000000000000000000000000000000000
##   24 | 00000000000000000000000000
##   25 | 00000000000000000000000000000000000000000
##   26 | 0000000000000000000000000000000000000000000000000
##   27 | 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   28 | 0000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   29 | 000000000000000000000000000000000000000000000000
##   30 | 000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   31 | 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   32 | 0000000000000000000000000000000000000000000000
##   33 | 000000000000000000000000000000000000000000000
##   34 | 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   35 | 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   36 | 00000000000000000000000000000000000000000000000000
##   37 | 00000000000000000000000000000000000000000
##   38 | 00000000000000000000000000000000000000
##   39 | 0000000000000000000000000
##   40 | 000000000
```

Cədvəli necə başa düşmək lazımdır? Asan testdə an aşağı bal 9-dur və bu balı cəmi bir nəfər yığıb. Gövdə 9-dur, budaqda cəmi bir sıfır var. Növbəti bal 10-dur və bu balı iki nəfər yığıb. Gövdə 10-dur, budaq hissəsində iki sıfır vardır və sairə.

```
stem(Cəm_bal_Orta, scale = 2) ## Orta testin cəm ballarının gövdə və budaq təqdimatı
```

```
##
##   The decimal point is at the |
##
##    5 | 0
##    6 | 000
##    7 | 0000
##    8 | 00000
##    9 | 0000000000
##   10 | 00000000000000000000000
##   11 | 0000000000000000
##   12 | 000000000000000000
##   13 | 000000000000000000000000000000000
##   14 | 000000000000000000000000000000000
##   15 | 000000000000000000000000000000000000000
##   16 | 0000000000000000000000000000000000000000
##   17 | 0000000000000000000000000000000000000000
##   18 | 0000000000000000000000000000000000000000
##   19 | 0000000000000000000000000000000000000000000000000
##   20 | 000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   21 | 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   22 | 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   23 | 00000000000000000000000000000000000000000000000
##   24 | 00000000000000000000000000000000000000000000000000
##   25 | 000000000000000000000000000000000000000
##   26 | 00000000000000000000000000000000000000000
##   27 | 000000000000000000000000000000000000000000000000
##   28 | 00000000000000000000000000000000000
##   29 | 000000000000000000000000000000000
##   30 | 0000000000000000000000000000000000
##   31 | 00000000000000000000000000000000000
##   32 | 000000000000000000000000000000000000
##   33 | 00000000000000000000000
##   34 | 00000000000000000000
##   35 | 0000000000
##   36 | 000000000000
##   37 | 00
##   38 | 00000000
##   39 | 000000
```

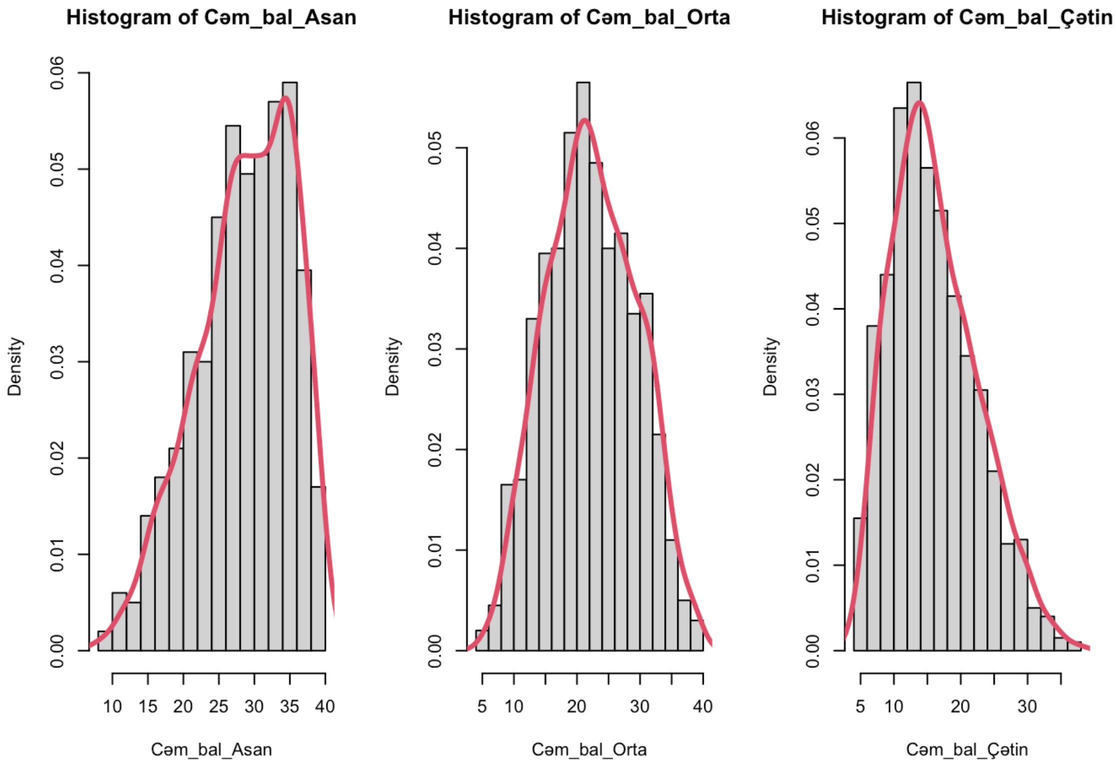
```
stem(Cəm_bal_Çətin, scale = 2) ## Çətin testin cəm ballarının gövdə və budaq təqdimatı
```

```
##
##   The decimal point is at the |
##
##    4 | 0000
##    5 | 00000000
##    6 | 0000000000000000000
##    7 | 000000000000000000000000000000
##    8 | 0000000000000000000000000000000000000000000000
##    9 | 000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   10 | 0000000000000000000000000000000000000
##   11 | 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   12 | 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   13 | 0000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   14 | 00000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000+1
##   15 | 0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   16 | 0000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   17 | 000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
##   18 | 0000000000000000000000000000000000000000000
##   19 | 0000000000000000000000000000000000000
##   20 | 0000000000000000000000000000000000000000000000
##   21 | 000000000000000000000000000000000000000
##   22 | 000000000000000000000000000000
##   23 | 000000000000000000000000000
##   24 | 0000000000000000000000000000000000
##   25 | 00000000000000000
##   26 | 0000000000000000000000000
##   27 | 000000000000000000
##   28 | 0000000
##   29 | 0000000000000000
##   30 | 0000000000
##   31 | 00000000
##   32 | 00
##   33 | 000000
##   34 | 00
##   35 | 000
##   36 |
##   37 | 0
##   38 | 0
```

Bu cədvəldə asan testdə görə tezliklərin necə aşağıya sürüşdüyü aydın görmək olur. Yəni, an aşağı bal 2-ni bir nəfər nəfər yığıbdır. Gövdə 2-dir, budaqda cəmi bir sıfır vardır. İkinci yuxarı bal 3-dür və bu balı üç nəfər yığıbdır. Gövdə 3-dür, budaqda da üç sıfır vardır və sairə.

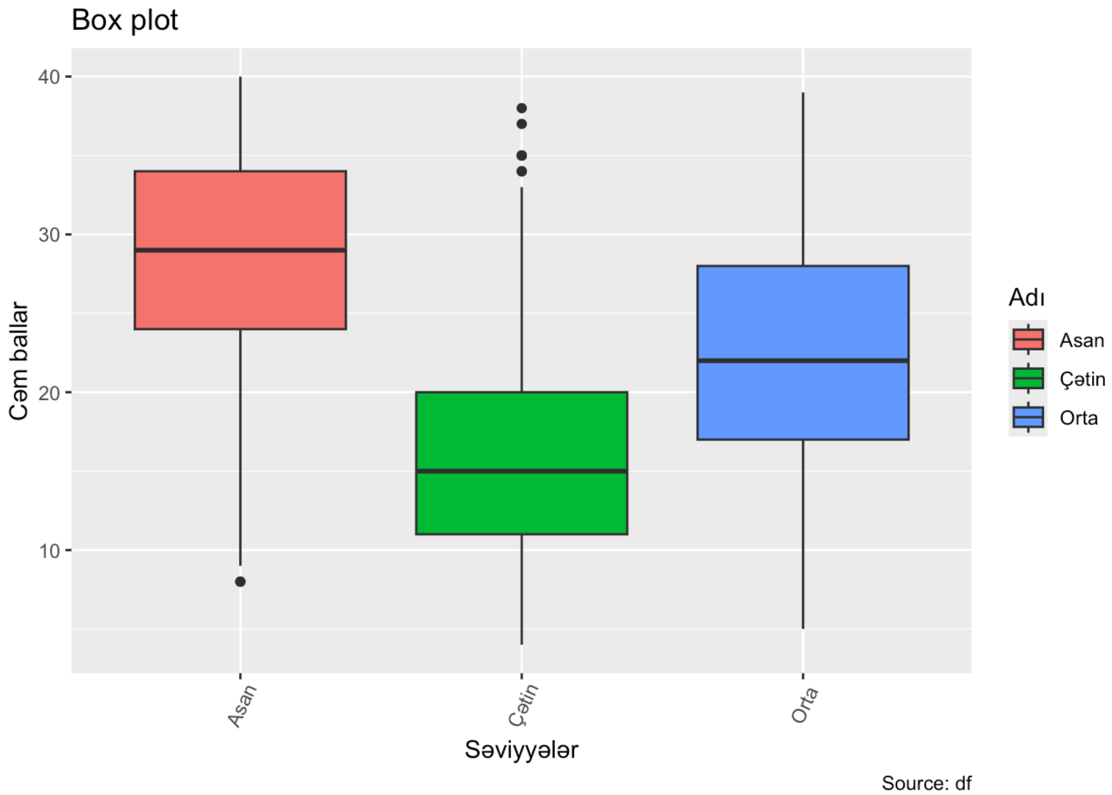
Çətinlik səviyyələrinə görə fərqlənən bu testlərin cəm ballarının necə paylandığını müşahidə etmək məqsədilə onların **histoqramlarını** yan-yana verək.

```
par(mfrow = c(1,3))
hist(Cəm_bal_Asan, prob = TRUE, breaks = 20)
lines(density(Cəm_bal_Asan), col = 2, lwd = 3)

hist(Cəm_bal_Orta, prob = TRUE, breaks = 20)
lines(density(Cəm_bal_Orta), col = 2, lwd = 3)

hist(Cəm_bal_Çətin, prob = TRUE, breaks = 20)
lines(density(Cəm_bal_Çətin), col = 2, lwd = 3)
```

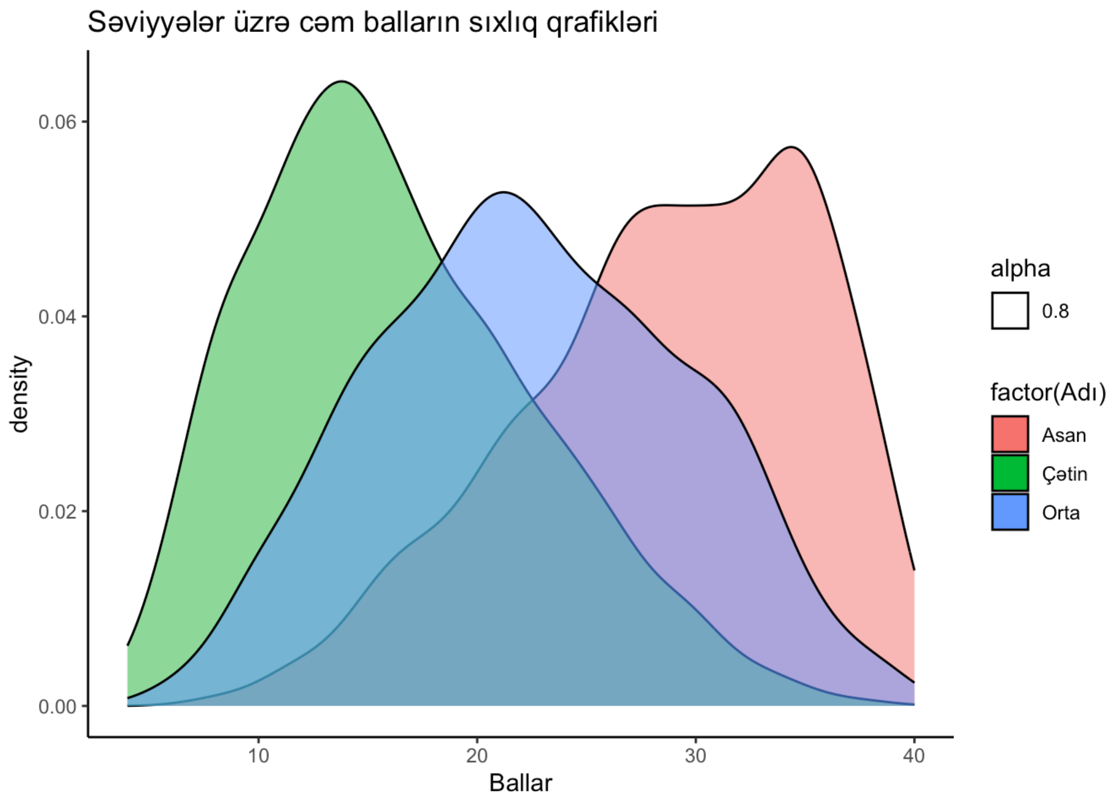


Müxtəlif səviyyəli testlərin nəticələrini müqayisə etmək üçün daha iki təqdimat növündən istifadə edə bilərikl. **Bığlı qutu qrafiki** və **sıxlıq qrafikləri**.

```
Balı <- Cəm_bal_Asan
Adı <- rep("Asan", length.out = nrow(Asan))
df_asan <- cbind(Adı, Balı)

Balı <- Cəm_bal_Orta
Adı <- rep("Orta", length.out = nrow(Orta))
df_orta <- cbind(Adı, Balı)

Balı <- Cəm_bal_Çətin
Adı <- rep("Çətin", length.out = nrow(Çətin))
df_çətin <- cbind(Adı, Balı)

df <- rbind(df_asan, df_orta, df_çətin)
df <- as.data.frame(df)
df$Balı <- as.numeric(df$Balı)

library(ggplot2)
g <- ggplot(df, aes(Adı, Balı))
g + geom_boxplot(aes(fill = Adı)) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle=65, vjust=0.6)) +
  labs(title="Box plot",
       caption="Source: df",
       x = "Səviyyələr",
       y = "Cəm ballar")
```

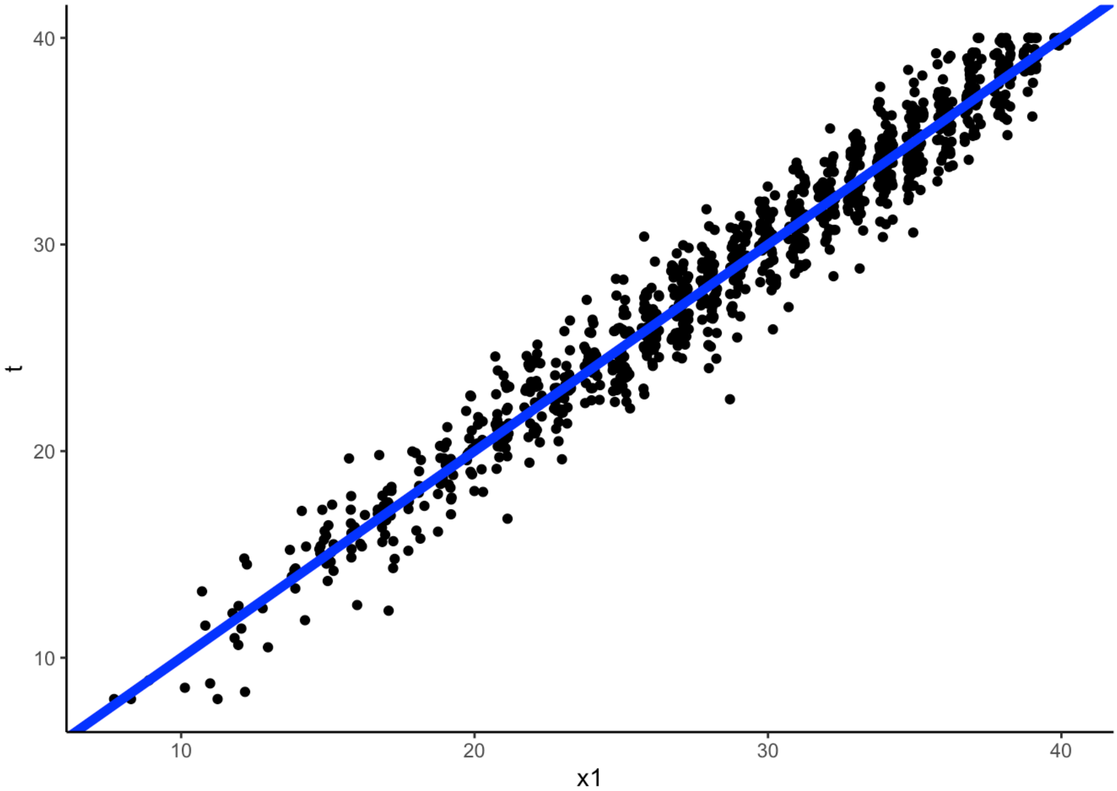



```
theme_set(theme_classic())
G2 <- ggplot(df, aes(Balı))
G2 + geom_density(aes(fill= factor(Adı), alpha=0.8)) +
  labs(title = "Səviyyələr üzrə cəm balların sıxlıq qrafikləri",
       x="Ballar")
```



Cəm balların paylanması ilə daha ətraflı tanış olmaq üçün daha iki test göstəricisindən istifadə edək

```
##### Combine in a data frame and create a scatterplot
data <- Asan
data_Bal <- rowSums(data)
escores <- rnorm(length(data_Bal), 0, 1.4)
tscores <- setrange(data_Bal - escores, y = data_Bal)

data_scores <- data.frame(x1 = data_Bal, t = tscores,
                          e = escores)
ggplot(data_scores, aes(x1, t)) +
  geom_point(position = position_jitter(w = .3)) +
  geom_abline(col = "blue",lwd =2)
```



Cəm ballarının paylanmalarınmın normal paylanma ilə müqayisəsi.

Yuxarıda aparılan araşdırmaların hər birindən hansı testin cəm ballarının tezliklərinin paylanmasının normal paylanmaya daha yaxın olduğunu asan görmək olar.

```
DF
```

```
##       Min. 1st Qu. Median   Mean 3rd Qu. Max.
## ASAN     8      24     29 28.695      34   40
## ORTA     5      17     22 22.404      28   39
## Çətin    4      11     15 16.212      20   38
```

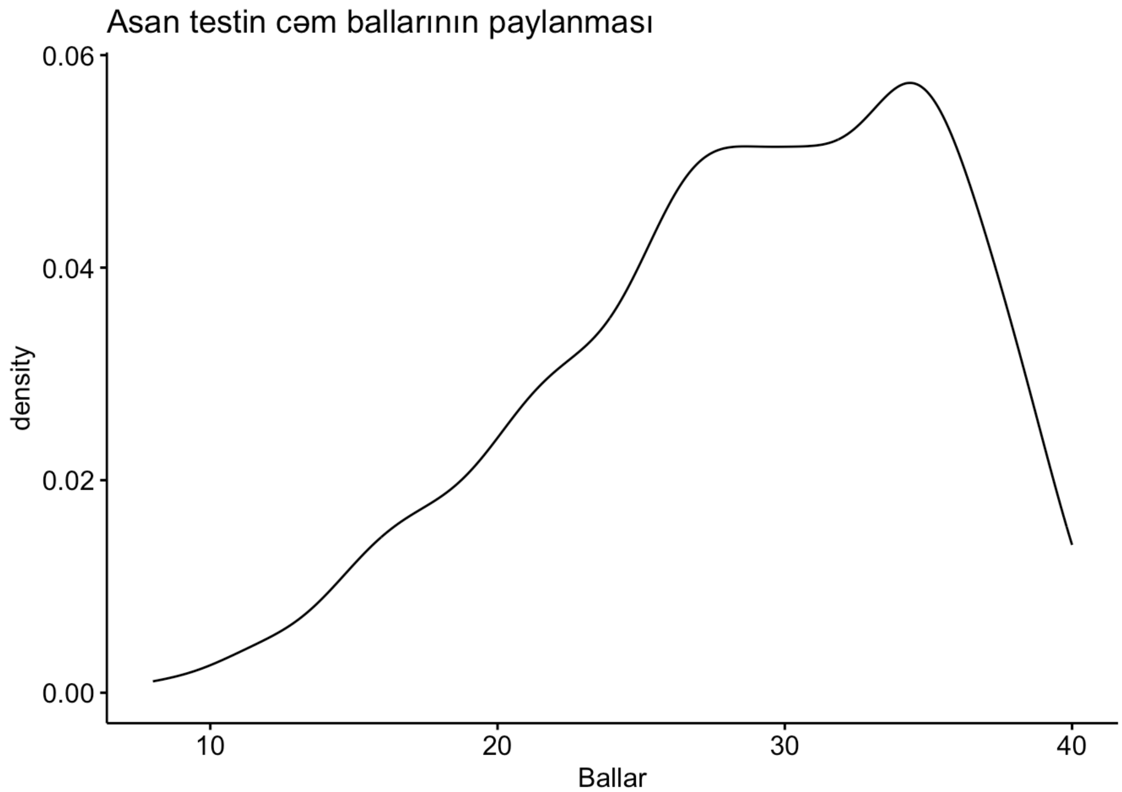
Bu cədvəldən görünür ki, Asan testdə median, orta qiymətdən böyükdür, yəni paylanma sola doğru əyilibdir. Orta səviyyəli testdə median, orta qiymətə təxminən bərabərdir. Deməli cəm balların tezliklərinin paylanması normal paylanmanın simmetriklik şərtini ödəyir. Çətin səviyyəli testdə isə median, orta qiymətdən kiçikdir. Yəni, paylanma sağa doğru əyilibdir. Başqa sözlə, test nisbətən çətin olduğundan iştirakçıların çoxu aşağı bal toplayıbdır.

Bunlarla yanaşı, cəm balların tezliklərinin paylanmasının normal paylanmya nə qədər yaxın olduğunu statistik testlərlə yoxlamaq lazımdır. Paylanmanın normal paylanmaya yaxın olub-olmamasını yoxlayan çoxlu sayda **statistik testlər** vardır. Məsələn, **Shapiro-Wilk testi**, yaxud **Kolmoqorov-Smirnov testi** və sairələri. Shapiro-Wilk testində iştirakçıların sayına məhdudiyyət vardır.

Statistik tesstlərə keçməmişdən öncə, cəm balların tezliklərinin paylanmasına bir də nəzər salaq.

Asan testin cəm ballarının paylanmasl qrafiki

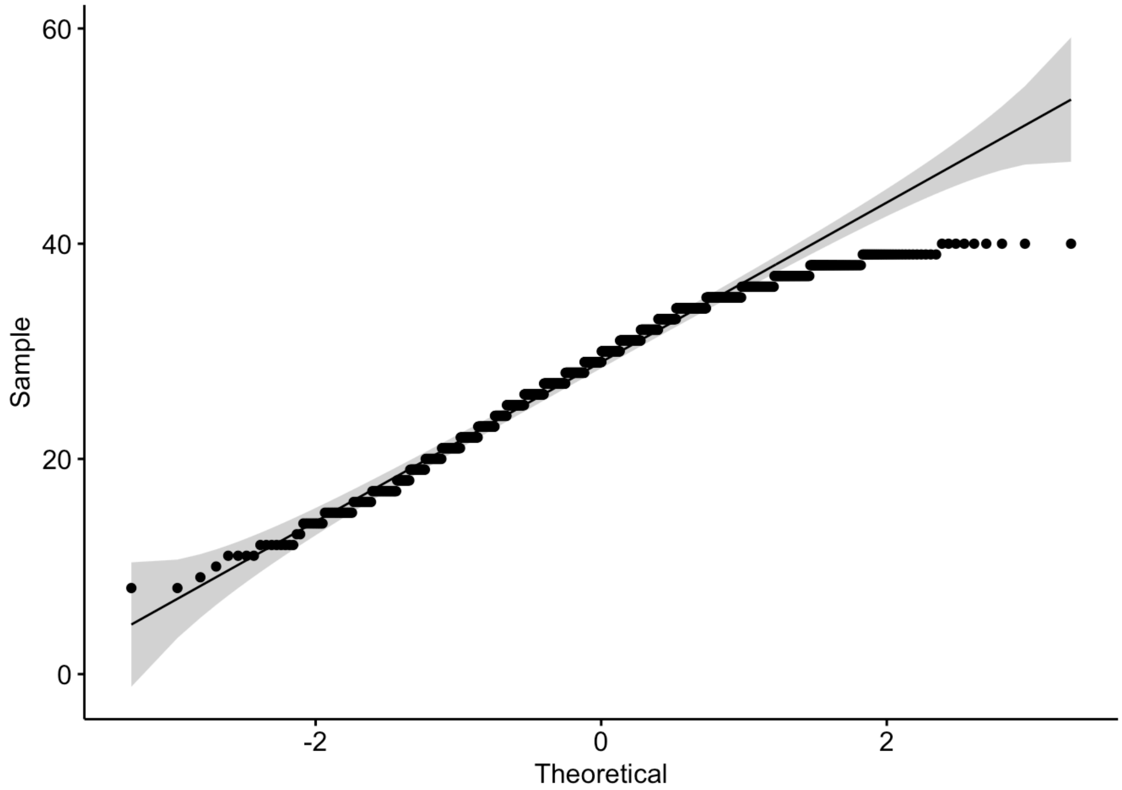
```
ggdensity(Cəm_bal_Asan,
          main = "Asan testin cəm ballarının paylanması",
          xlab = "Ballar")
```



Bu təqdimatda Asan testin cəm ballarinın *kvantilləri* normal paylanmanın kvantilləri ilə müqayisə edilir. Müqayisədə, onlar bir düz xətt üzərinə düşürsə, yaxud az fərqlidirsə, onda paylanma normal hesab edilə bilir

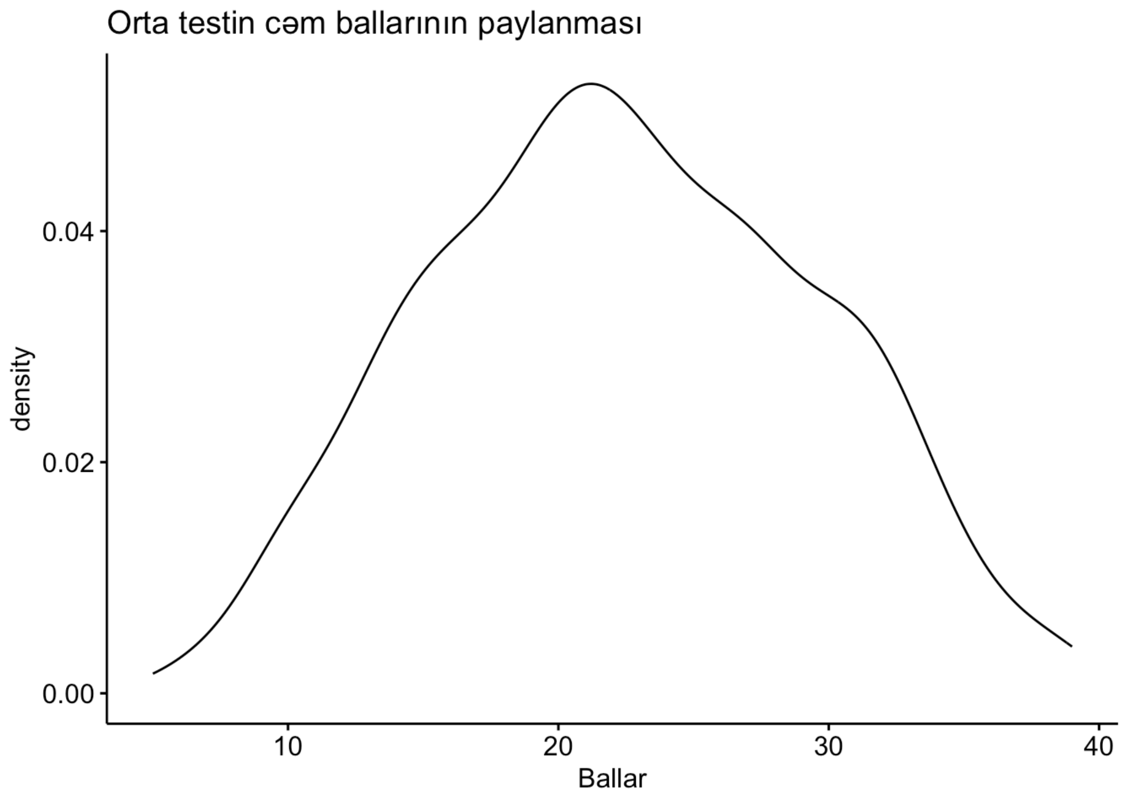
```
ggqqplot(Cəm_bal_Asan)
```

```
## Warning: The following aesthetics were dropped during statistical transformation:
## sample.
## ℹ This can happen when ggplot fails to infer the correct grouping structure in
##   the data.
## ℹ Did you forget to specify a `group` aesthetic or to convert a numerical
##   variable into a factor?
## The following aesthetics were dropped during statistical transformation:
## sample.
## ℹ This can happen when ggplot fails to infer the correct grouping structure in
##   the data.
## ℹ Did you forget to specify a `group` aesthetic or to convert a numerical
##   variable into a factor?
```



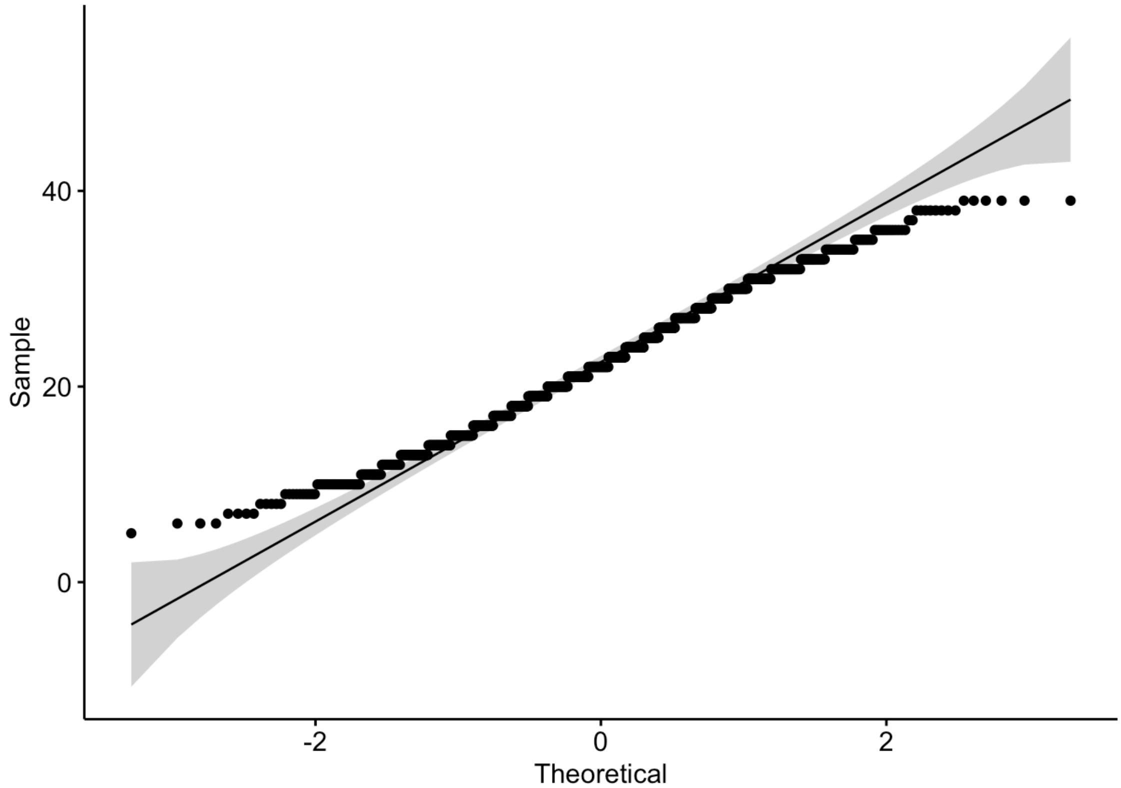
Orta testin cəm ballarının paylanmasl qrafiki

```
ggdensity(Cəm_bal_Orta,
          main = "Orta testin cəm ballarının paylanması",
          xlab = "Ballar")
```



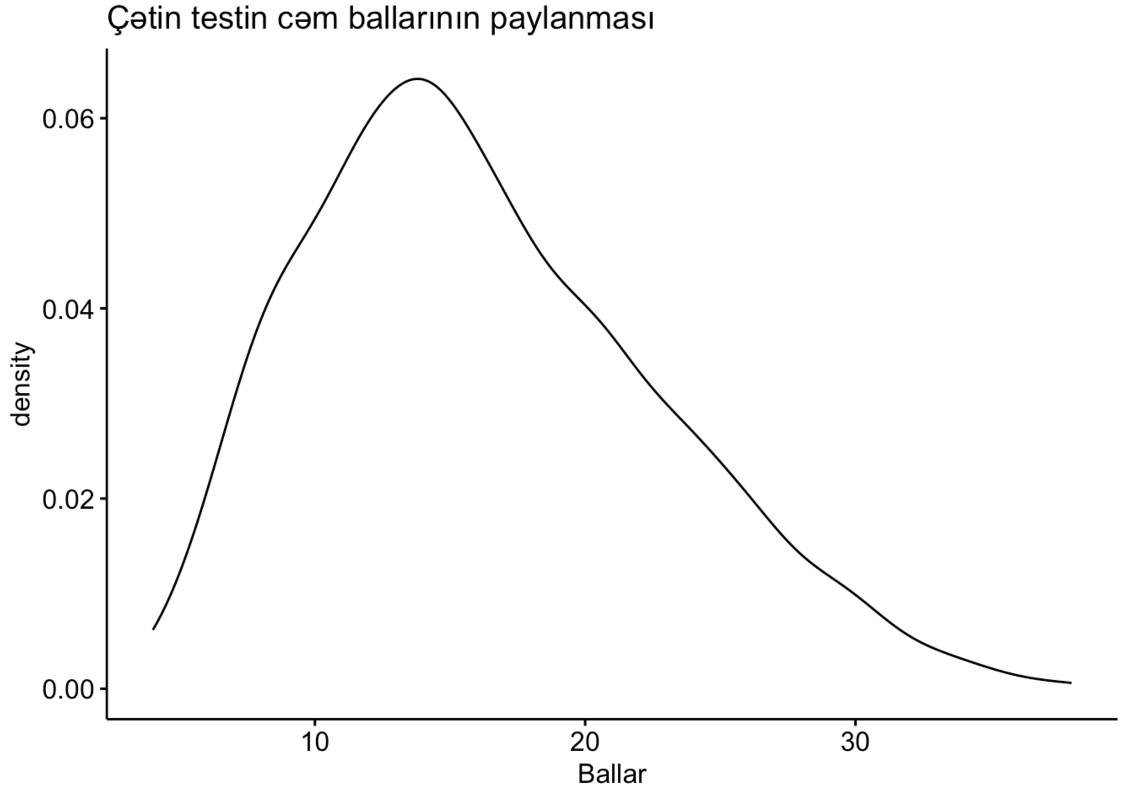

```
ggqqplot(Cəm_bal_Orta)
```

```
## Warning: The following aesthetics were dropped during statistical transformation:
## sample.
## ℹ This can happen when ggplot fails to infer the correct grouping structure in
##   the data.
## ℹ Did you forget to specify a `group` aesthetic or to convert a numerical
##   variable into a factor?
## The following aesthetics were dropped during statistical transformation:
## sample.
## ℹ This can happen when ggplot fails to infer the correct grouping structure in
##   the data.
## ℹ Did you forget to specify a `group` aesthetic or to convert a numerical
##   variable into a factor?
```



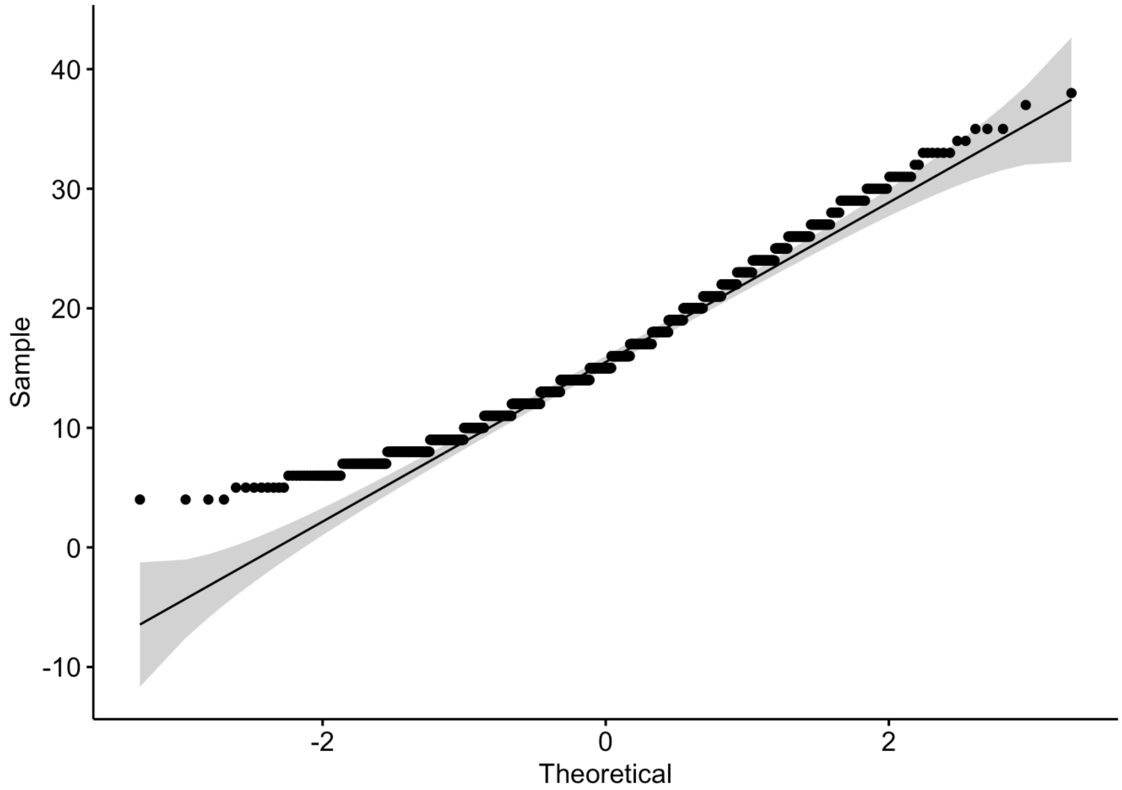
Çətin testin cəm ballarının paylanmasl qrafiki

```
ggdensity(Cəm_bal_Çətin,
          main = "Çətin testin cəm ballarının paylanması",
          xlab = "Ballar")
```




```
ggqqplot(Cəm_bal_Çətin)
```

```
## Warning: The following aesthetics were dropped during statistical transformation:
## sample.
## ℹ This can happen when ggplot fails to infer the correct grouping structure in
##   the data.
## ℹ Did you forget to specify a `group` aesthetic or to convert a numerical
##   variable into a factor?
## The following aesthetics were dropped during statistical transformation:
## sample.
## ℹ This can happen when ggplot fails to infer the correct grouping structure in
##   the data.
## ℹ Did you forget to specify a `group` aesthetic or to convert a numerical
##   variable into a factor?
```



Statistik testlər

```
shapiro.test(Cəm_bal_Asan)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  Cəm_bal_Asan
## W = 0.96448, p-value = 6.824e-15
```

```
shapiro.test(Cəm_bal_Orta)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  Cəm_bal_Orta
## W = 0.98948, p-value = 1.386e-06
```

```
shapiro.test(Cəm_bal_Çətin)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  Cəm_bal_Çətin
## W = 0.97052, p-value = 2.277e-13
```

Hər üç səviyyədən olan testlərin cəm ballarının normal paylanmaya yaxın olmasının Shapiro-Wilk testi ilə yoxlanılmasında sıfırıncı fərziyədən imtina olunur. Asan test üçün p-value = 7.067e-13, orta səviyyəli test üçün p-value = 2.399e-08 və çətin səviyyəli test üçün p-value = 2.042e-15. Göründüyü kimi orta səviyyəli test üçün p-qiymət, digərlərindın kifayət qədər böyükdür, lakin sıfırıncı fərziyəni qəbul etməyə kifayət etmir.

Aşağıdakı cədvəldə hər üç növ testin cəm ballarının paylanmasının dikliyini və ya yastılığını ("kurtosis") həmçinin, sağa və ya sola meyliyini ("skewnes") göstərən statistik göstəricilər də daxil olmaqla, əsas xarakteristikalarından ibarət cədvəl verilmişdir

```
tab_Asan <- describe(Cəm_bal_Asan)[, c("n", "min", "max", "mean", "median", "sd", "skew", "kurtosis")]
tab_Asan$kurtosis <- tab_Asan$kurtosis + 3

tab_Orta <- describe(Cəm_bal_Orta)[, c("n", "min", "max", "mean", "median", "sd", "skew", "kurtosis")]
tab_Orta$kurtosis <- tab_Orta$kurtosis + 3

tab_Çətin <- describe(Cəm_bal_Çətin)[, c("n", "min", "max", "mean", "median", "sd", "skew", "kurtosi
s")]
tab_Çətin$kurtosis <- tab_Çətin$kurtosis + 3

Cədvəl <- rbind(tab_Asan, tab_Orta, tab_Çətin)
rownames(Cədvəl) <- c("Asan", "Orta", "Çətin")
Cədvəl
```

	n	min	m...	mean	median	sd	skew	kurtosis
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Asan	1000	8	40	28.695	29	6.733745	-0.53216783	2.612573
Orta	1000	5	39	22.404	22	7.066167	0.05299761	2.339449
Çətin	1000	4	38	16.212	15	6.429338	0.55579347	2.826649

3 rows

Bu cədvəlin birinci sətrində Asan testin cəm ballarının paylanma xarakteristikaları verilmişdir. Göründüyü kimi paylanma sola meylli olduğundan meyllilik mənfi (-0.45) qiymət alıbdır. Çətin tapşırığın sağa meylliyi daha çoxdur (asanın mütləq qiymətinə görə).

Standartlaşdırılmış ballar

- **tosc** -Cəm balların hər birindən bir dənə götürülür və onlar artan sıra ilə düzülür
- **perc** -Birinci sütunda olan hər bir bal üçün persentil ranq hesablanır
- **sura** -Birinci sütunda olan hər bir bal üçün uğurluluq əmsalı hesablanır. Yəni, içtirakçının yığdığı bal, testin yığılan maksimum balının hansı faiizini təşkil edir. Misal üçün bizim halda, testin maksimum balı 40-baldır və onu yığan da var. Onda, 32 bal toplayan adamın uğurluluq dərəcəsi $32/40 * 100 = 80$ olar.
- **zsco və tsco** -nun necə alındı yuxarıda verilmişdir.

Aşağıdakı cədvəldə bizim asan testtimiz üçün cəm balların bu göstəriciləri hesablanmışdır.

Asan səviyyəli test üçün cədvəlin düzəldilməsi

```
tosc <- sort(unique(Cəm_bal_Asan))          # Cəm balların səviyyələri
perc <- ecdf(Cəm_bal_Asan)(tosc)            # Cəm balların persentilləri
sura <- round(100 * (tosc / max(Cəm_bal_Asan)),2)    # Uğurluluq dərəcəsi
zsco <- round(sort(unique(scale(Cəm_bal_Asan))),2)   # Z-ballar
tsco <- 50 + 10 * zsco  # T-ballar
AS <- cbind(tosc, perc, sura, zsco, tsco)
AS <- as.tibble(AS)
Cədvəl_Asan <- AS %>%
  mutate(Adi = "Asan")
knitr::kable(Cədvəl_Asan)
```

tosc	perc	sura	zsco	tsco	Adi
8	0.002	20.0	-3.07	19.3	Asan
9	0.003	22.5	-2.92	20.8	Asan
10	0.004	25.0	-2.78	22.2	Asan
11	0.008	27.5	-2.63	23.7	Asan
12	0.016	30.0	-2.48	25.2	Asan
13	0.018	32.5	-2.33	26.7	Asan
14	0.026	35.0	-2.18	28.2	Asan
15	0.041	37.5	-2.03	29.7	Asan
16	0.054	40.0	-1.89	31.1	Asan
17	0.076	42.5	-1.74	32.6	Asan
18	0.090	45.0	-1.59	34.1	Asan
19	0.109	47.5	-1.44	35.6	Asan
20	0.132	50.0	-1.29	37.1	Asan
21	0.162	52.5	-1.14	38.6	Asan
22	0.194	55.0	-0.99	40.1	Asan
23	0.228	57.5	-0.85	41.5	Asan
24	0.254	60.0	-0.70	43.0	Asan
25	0.295	62.5	-0.55	44.5	Asan
26	0.344	65.0	-0.40	46.0	Asan
27	0.401	67.5	-0.25	47.5	Asan
28	0.453	70.0	-0.10	49.0	Asan
29	0.501	72.5	0.05	50.5	Asan
30	0.552	75.0	0.19	51.9	Asan
31	0.609	77.5	0.34	53.4	Asan
32	0.655	80.0	0.49	54.9	Asan
33	0.700	82.5	0.64	56.4	Asan
34	0.769	85.0	0.79	57.9	Asan
35	0.837	87.5	0.94	59.4	Asan
36	0.887	90.0	1.08	60.8	Asan
37	0.928	92.5	1.23	62.3	Asan
38	0.966	95.0	1.38	63.8	Asan

tosc	perc	sura	zsco	tsco	Adi
39	0.991	97.5	1.53	65.3	Asan
40	1.000	100.0	1.68	66.8	Asan

Biz, həmin qayda ilə **“Orta” və “Çətin”** səviyyəli testlər üçün də cədvəllər düzəldəcəyik. Sonra isə həmin cədvəlləri alt-alta qoyub, hər üç səviyyəli testlər üçün bir ümumi “Cədvəl” alacayıq.

Orta səviyyəli test üçün cədvəlin düzəldilməsi

```
tosc <- sort(unique(Cəm_bal_Orta))          # Çəm balların səviyyələri
perc <- ecdf(Cəm_bal_Orta)(tosc)            # Çəm balların persentilləri
sura <- round(100 * (tosc / max(Cəm_bal_Orta)),2)    # Uğurluluq dərəcəsi
zsco <- round(sort(unique(scale(Cəm_bal_Orta))),2)   # Z-ballar
tsco <- 50 + 10 * zsco  # T-ballar
OS <- cbind(tosc, perc, sura, zsco, tsco)
OS <- as.tibble(OS)
Cədvəl_Orta <- OS %>%
  mutate(Adi = "Orta")
knitr::kable(Cədvəl_Orta)
```

tosc	perc	sura	zsco	tsco	Adi
5	0.001	12.82	-2.46	25.4	Orta
6	0.004	15.38	-2.32	26.8	Orta
7	0.008	17.95	-2.18	28.2	Orta
8	0.013	20.51	-2.04	29.6	Orta
9	0.023	23.08	-1.90	31.0	Orta
10	0.046	25.64	-1.76	32.4	Orta
11	0.062	28.21	-1.61	33.9	Orta
12	0.080	30.77	-1.47	35.3	Orta
13	0.113	33.33	-1.33	36.7	Orta
14	0.146	35.90	-1.19	38.1	Orta
15	0.185	38.46	-1.05	39.5	Orta
16	0.225	41.03	-0.91	40.9	Orta
17	0.265	43.59	-0.76	42.4	Orta
18	0.305	46.15	-0.62	43.8	Orta
19	0.354	48.72	-0.48	45.2	Orta
20	0.408	51.28	-0.34	46.6	Orta
21	0.465	53.85	-0.20	48.0	Orta
22	0.521	56.41	-0.06	49.4	Orta
23	0.568	58.97	0.08	50.8	Orta
24	0.618	61.54	0.23	52.3	Orta

tosc	perc	sura	zsco	tsco	Adi
25	0.657	64.10	0.37	53.7	Orta
26	0.698	66.67	0.51	55.1	Orta
27	0.746	69.23	0.65	56.5	Orta
28	0.781	71.79	0.79	57.9	Orta
29	0.814	74.36	0.93	59.3	Orta
30	0.848	76.92	1.07	60.7	Orta
31	0.883	79.49	1.22	62.2	Orta
32	0.919	82.05	1.36	63.6	Orta
33	0.942	84.62	1.50	65.0	Orta
34	0.962	87.18	1.64	66.4	Orta
35	0.972	89.74	1.78	67.8	Orta
36	0.984	92.31	1.92	69.2	Orta
37	0.986	94.87	2.07	70.7	Orta
38	0.994	97.44	2.21	72.1	Orta
39	1.000	100.00	2.35	73.5	Orta

Çətin səviyyəli test üçün cədvəlin düzəldilməsi

```
tosc <- sort(unique(Cəm_bal_Çətin))       # Çəm balların səviyyələri
perc <- ecdf(Cəm_bal_Çətin)(tosc)         # Çəm balların persentilləri
sura <- round(100 * (tosc / max(Cəm_bal_Çətin)),2) # Uğurluluq dərəcəsi
zsco <- round(sort(unique(scale(Cəm_bal_Çətin))),2)   # Z-ballar
tsco <- 50 + 10 * zsco  # T-ballar
ÇS <- cbind(tosc, perc, sura, zsco, tsco)
ÇS <- as.tibble(ÇS)
Cədvəl_Çətin <- ÇS %>%
  mutate(Adi = "Çətin")
knitr::kable(Cədvəl_Çətin)
```

tosc	perc	sura	zsco	tsco	Adi
4	0.004	10.53	-1.90	31.0	Çətin
5	0.012	13.16	-1.74	32.6	Çətin
6	0.031	15.79	-1.59	34.1	Çətin
7	0.061	18.42	-1.43	35.7	Çətin
8	0.107	21.05	-1.28	37.2	Çətin
9	0.158	23.68	-1.12	38.8	Çətin
10	0.195	26.32	-0.97	40.3	Çətin
11	0.253	28.95	-0.81	41.9	Çətin

tosc	perc	sura	zsco	tsco	Adi
12	0.322	31.58	-0.66	43.4	Çətin
13	0.374	34.21	-0.50	45.0	Çətin
14	0.455	36.84	-0.34	46.6	Çətin
15	0.516	39.47	-0.19	48.1	Çətin
16	0.568	42.11	-0.03	49.7	Çətin
17	0.628	44.74	0.12	51.2	Çətin
18	0.671	47.37	0.28	52.8	Çətin
19	0.708	50.00	0.43	54.3	Çətin
20	0.754	52.63	0.59	55.9	Çətin
21	0.793	55.26	0.74	57.4	Çətin
22	0.823	57.89	0.90	59.0	Çətin
23	0.850	60.53	1.06	60.6	Çətin
24	0.884	63.16	1.21	62.1	Çətin
25	0.901	65.79	1.37	63.7	Çətin
26	0.926	68.42	1.52	65.2	Çətin
27	0.944	71.05	1.68	66.8	Çətin
28	0.951	73.68	1.83	68.3	Çətin
29	0.967	76.32	1.99	69.9	Çətin
30	0.977	78.95	2.14	71.4	Çətin
31	0.985	81.58	2.30	73.0	Çətin
32	0.987	84.21	2.46	74.6	Çətin
33	0.993	86.84	2.61	76.1	Çətin
34	0.995	89.47	2.77	77.7	Çətin
35	0.998	92.11	2.92	79.2	Çətin
37	0.999	97.37	3.23	82.3	Çətin
38	1.000	100.00	3.39	83.9	Çətin

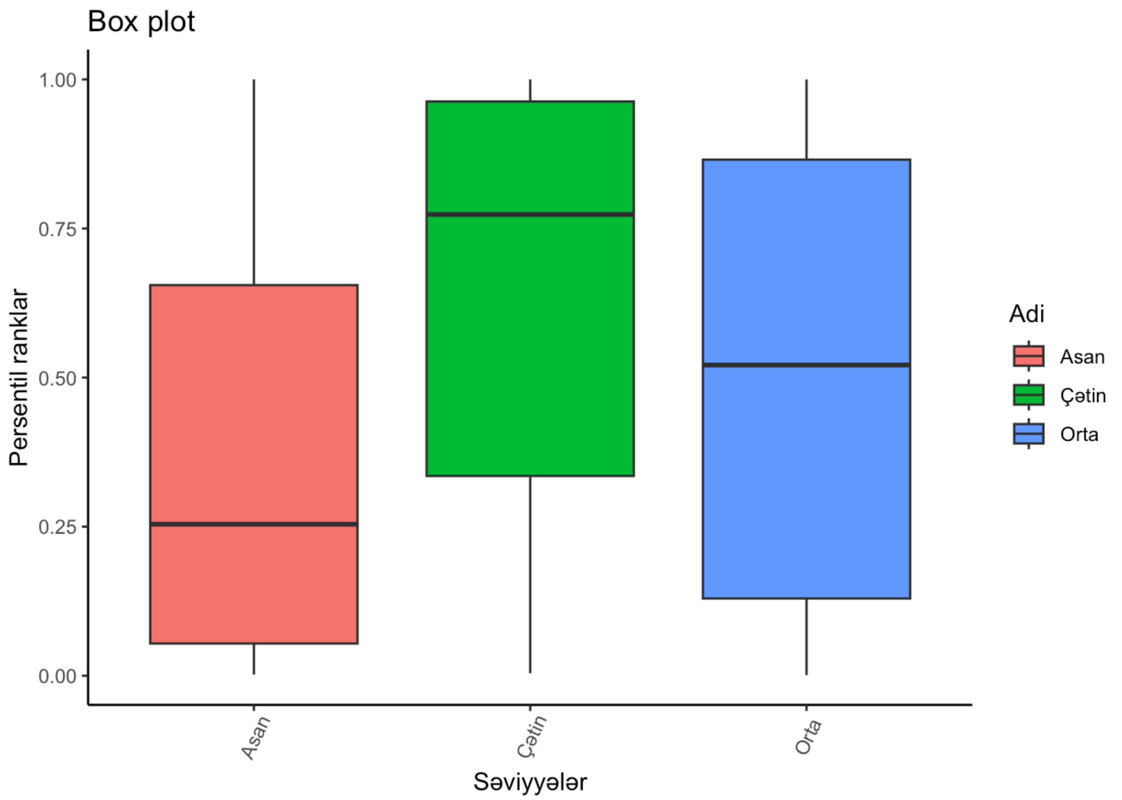
Yekun cədvəlin düzəldilməsi

```
Cədvəl <- rbind(Cədvəl_Asan, Cədvəl_Orta, Cədvəl_Çətin)
str(Cədvəl)
```

```
## tibble [102 × 6] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
##  $ tosc: num [1:102] 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 ...
##  $ perc: num [1:102] 0.002 0.003 0.004 0.008 0.016 0.018 0.026 0.041 0.054 0.076 ...
##  $ sura: num [1:102] 20 22.5 25 27.5 30 32.5 35 37.5 40 42.5 ...
##  $ zsco: num [1:102] -3.07 -2.92 -2.78 -2.63 -2.48 -2.33 -2.18 -2.03 -1.89 -1.74 ...
##  $ tsco: num [1:102] 19.3 20.8 22.2 23.7 25.2 26.7 28.2 29.7 31.1 32.6 ...
##  $ Adi : chr [1:102] "Asan" "Asan" "Asan" "Asan" ...
```

Bu yekun cədvəldən istifadə edərək, müxtəlif səviyyəli testləri, göstəricilərinə görə müqayisə edə bilərik

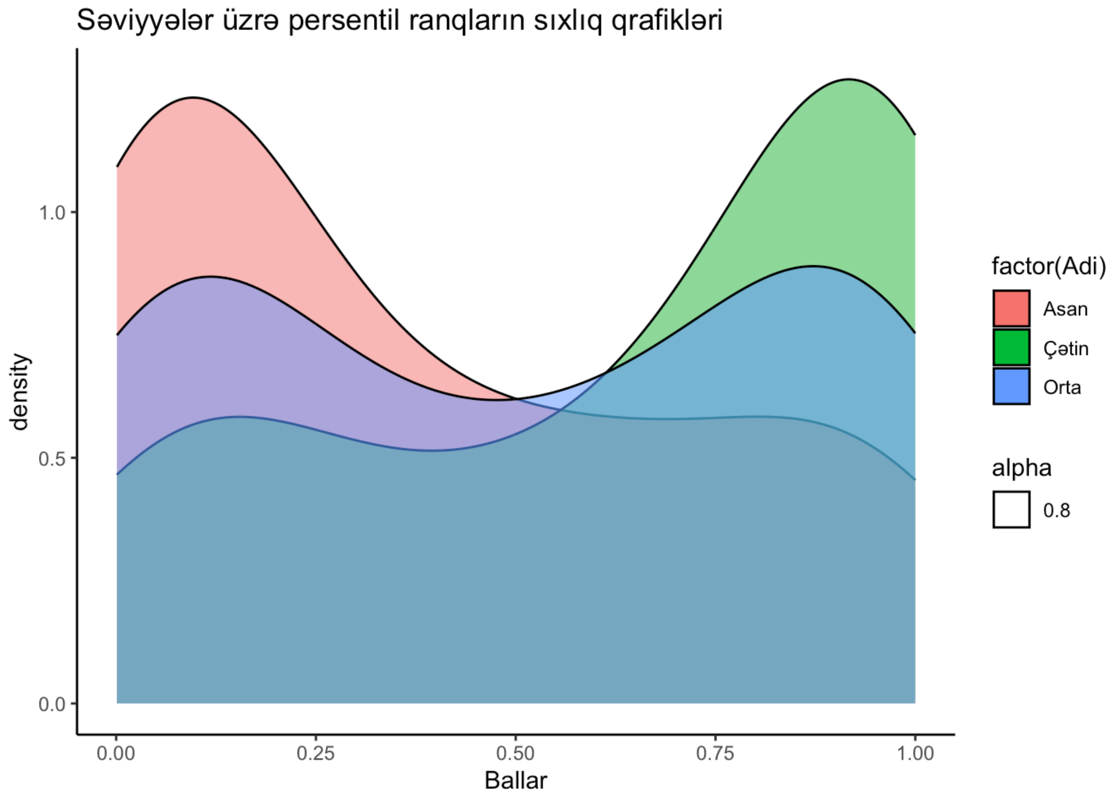
```
library(ggplot2)
g <- ggplot(Cədvəl, aes(Adi, perc))
g + geom_boxplot(aes(fill = Adi)) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle=65, vjust=0.6)) +
  labs(title="Box plot",
       x = "Səviyyələr",
       y = "Persentil ranklar")
```



Persentil

ranklarin sıxlıq qrafikləri

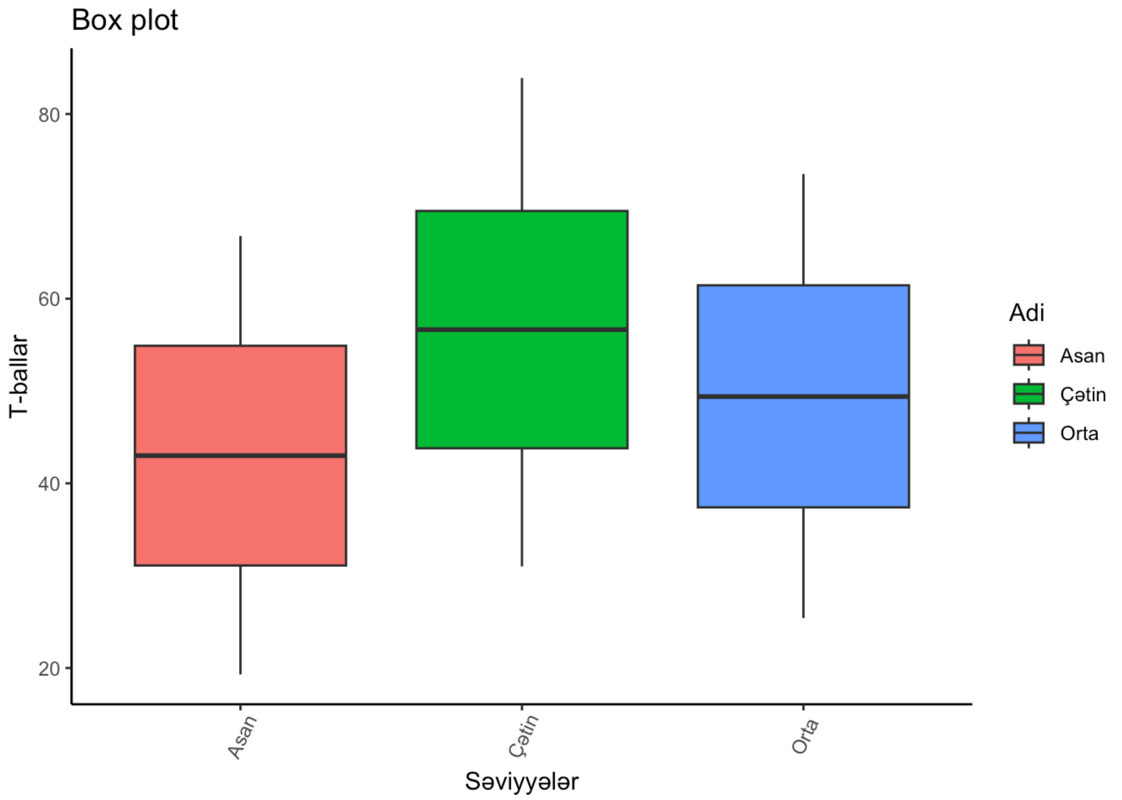
```
theme_set(theme_classic())
G2 <- ggplot(Cədvəl, aes(perc))
G2 + geom_density(aes(fill= factor(Adi), alpha=0.8)) +
  labs(title = "Səviyyələr üzrə persentil ranqların sıxlıq qrafikləri",
       x="Ballar")
```



Biz, əgər müxtəlif səviyyəli testlər üçün, ümumiyyətlə, **Z-qiymətlərin** və ya **T-qiymətlərin** paylanmalarını müqayisə etmək istəsək elə yuxarıda cəm ballar üçün aldığımız mənzərəni görməliyik. Çünki, bu qiymətlər və bu kimi bir çox **törəmə ballar**, cəm balların xətti çevrilmələrindən alınır. Xətti çevrilmələr isə paylanmanın formasını saxlayır. Lakin, bizim halda, bütün Z və T-qiymətlərə yox, onların yalnız onlardan müxtəlif olanlarına baxılır. Bu səbəbdən, onlardan birinin məsələn, T-qiymətlərin müxtəlif səfiyyəli testlər üzrə paylanmasına baxaq.

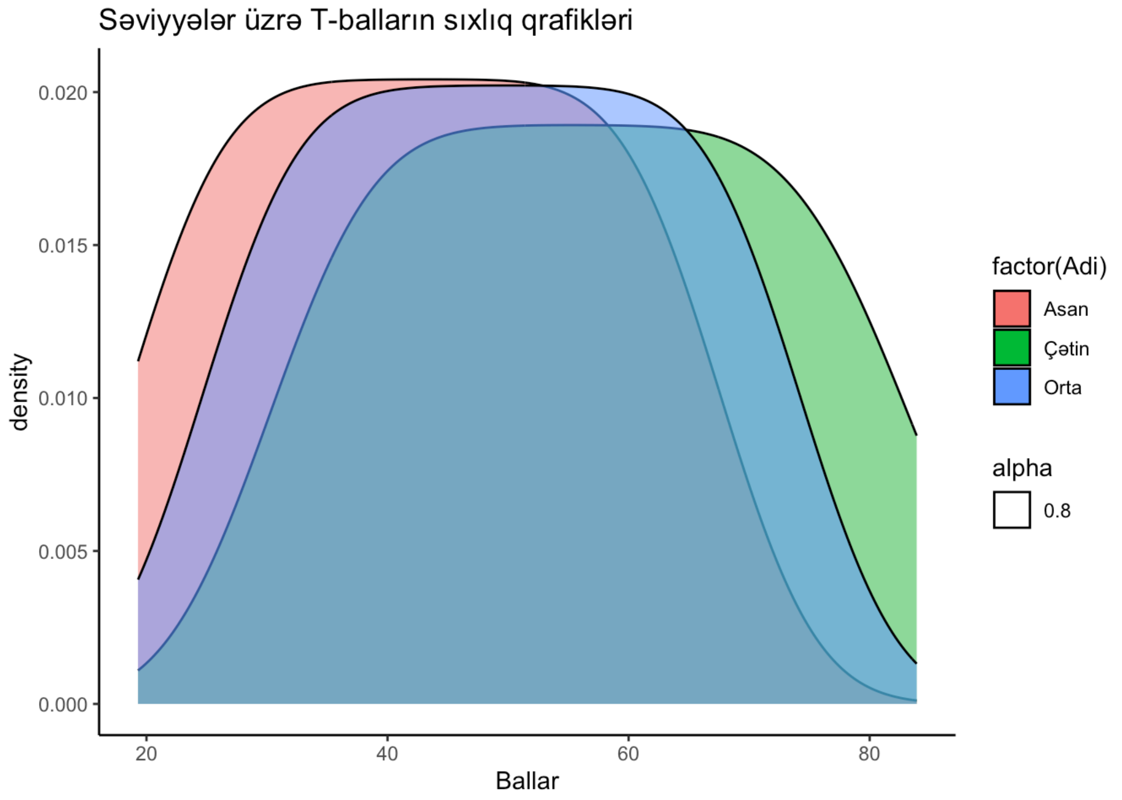
Müxtəlif səviyyəli testlərin T-ballarının bığlı-qutu təqdimatı

```
g <- ggplot(Cədvəl, aes(Adi, tsco))
g + geom_boxplot(aes(fill = Adi)) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle=65, vjust=0.6)) +
  labs(title="Box plot",
       x = "Səviyyələr",
       y = "T-ballar")
```



Müxtəlif səviyyəli testlərin T-ballarının sıxlıq qrafikləri

```
theme_set(theme_classic())
G2 <- ggplot(Cədvəl, aes(tsco))
G2 + geom_density(aes(fill= factor(Adi), alpha=0.8)) +
  labs(title = "Səviyyələr üzrə T-balların sıxlıq qrafikləri",
       x="Ballar")
```



Klassik Test Nəzəriyyəsi (KTN) çərçıvısində tapşırıqların analizi

Tapşırığın analizi dedikdə, *tapşırığın çətinlik dərəcəsi* və *ayırdetmə gücünün* əsasında, onun testdə qalması, yaxud kənarlaşdırılması qərarının verilməsi naminə aparılan statistik prosedur başa düşülür.

- Tapşırıqların analızində aşağıdakı hədəflər güdülür:
  - Final testin tərtibi üçün tapşırıqların seçilməsi;
  - Bütün tapşırıqlar üçün çətinlik dərəcələrinin müəyyən edilməsi;
  - Bütün tapşırıqlar üçün ayrıdetmə əmsalının müəyyən edilməsi;
  - Tərtibinə və sözlə ifadə olunmasına yenidən baxılmasına ehtiyac olan tapşırıqların aşkarlanması;
  - Tələb olunan xüsusiyyətə malik test üçün tapşırıqların seçilməsi.

Klassik Test Nəzəriyyəsi çərçivəsində test tapşırıqlarının analizində aşağıdakılara baxılır:

- Tapşırığın çətinlik dərəcəsinə, yaxud **p-qiymətlər**-ə (Item difficulty or p-values);
- Tapşırığın ayırdetmə əmsalına (Item discrimination);
  - Tapşırığa cavabla, testə cavabın, yəni tapşırığa cavabların cəmi ilə korrelyasıyaya (Item- test correlation);
  - Tapşırığa cavabla, bu tapşırıqsız testə cavabın (The item-rest correlation) korrelyasıyasına;
  - Distraktorlarla cəm balların korrelyasiyasına;
- Tapşırıqların qrafik analizinə;
- Tapşırıqların etibarlılığına;
- Daxili razılaşdırma etibarlılığına;
- Ölçmənin standart səhvinə (SEM).

Tapşırığın çətinlik dərəcəsi, yaxud p-qiymətlər

Klassik test nəzəriyyəsində **tapşırığın çətinlik dərəcəsi** dedikdə, tapşırığa doğru cavabların bütün cavablar içində faizi başa düşülür. Beləliklə, konkret sualın çətinlik dərəcəsi sualın səviyyəsinin imtahanda iştirak edən kontingentin səviyyəsinə nə dərəcədə uyğun olduğunu ifadə etmiş olur. Nəticədə, çətinlik dərəcələri birə və ya sıfra yaxın olan tapşırıqlar ölçülən sahə üzrə hazırlıqlı iştirakçıları, hazırlıqsız iştirakçılardan ayıra bilmir.

Hər bir tapşırığın çoxsaylı, müxtəlif parametrləri vardır ki, onlar da bu ya digər dərəcədə onun çətinlik dərəcəsi ilə əlaqəlidir.

Göstərmək olar ki, dixotomik tapşırıq özünün **dəyişkənliyinin** yəni, dispersiyasının maksimum qiymətini çətinlik dərəcəsi $p = \frac{1}{2}$ olduqda alır. Yəni, tapşırığın klassik mənada çətinliyi özünün orta qiymətinə yaxın olduqca, dəyişkənliyi də çox olur. Biz dixotomik tapşırığın çətinlik dərəcəsini p ilə işarə etsək, onda onun dispersiyasının **p(1-p)** olduğunu təsadüfü dəyişənlər bölməsindən bilirdik. Bu tam olmayan kvadrat üçhədlinin hansı nöqtədə maksimum qiymət aldığını araşdıraq.

$$p(1-p) = p - p^2 = -(p^2 - p) = -((p - \frac{1}{2})^2 - \frac{1}{4}) = -(p - \frac{1}{2})^2 + \frac{1}{4}$$

Buradan görünür ki, dispersiya özünün maksimum qiymətini $p = \frac{1}{2}$ olduqda alır. Beləliklə, çətinlik dərəcələri $p = \frac{1}{2}$-ə yaxın olan dixotomik tapşırıqlarin dispersiyaları daha çox olur.

Aşağıdakı cədvəldə tapşırıqların çətinlik dərəcələrinə görə təsnifatı verilmişdir.

Çətinlik dərəcələrinə görə tapşırığın dəyərləndirilməsi

Tapşırığın çətinliyi	Tapşırığın dəyərləndirilməsi
0.20 - 0.30	Çox çətin
0.31 - 0.40	Çətin
0.41 - 0.60	Orta çətinlikli
0.61 - 0.70	Asan
0.71 - 0.80	Çox asan

Test tapşırığının ayırdetmə əmsalı (Item Discrimination)

Hər bir test tapşırığının ikinci ən vacib parametri onun **ayrıdetmə əmsalıdır**. Əksər halda tapşırığın testdə qalması və ya çıxarılması qərarı məhz bu göstəricinin əsasında verilir.

- Tapşırığın ayrıdetmə tipləri:
    - Ayrıdetmə sıfırdır, yaxud yoxdur;
    - Ayrıdetmə əmsalı müsbətdir;
    - Ayrıdetmə əmsalı mənfidir.

Ayrıdetmə sıfırdır, yaxud yoxdur-bütün iştirakçılar tapşırığa doğru cavab verdikdə və ya əksinə, bütün iştirakçılar tapşırığa doğru cavab vermədikdə və bir sıra digər hallarda bu baş verir. Bu halda, tapşırığa yenidən baxılmalı, yaxud həmin tapşırıq testdən çıxarılmalıdır.

Ayrıdetmə əmsalı müsbətdir-bu halda, tapşırığa yoxlanılan sahə üzrə hazırliqlı iştirakçılar yoxlanılan sahə üzrə hazırliqsız iştirakçılara nisbətən yaxşı cavab veriblər.

Ayrıdetmə əmsalı mənfidir-bu halda, tapşırığa yoxlanılan sahə üzrə hazırliqlı iştirakçılar, yoxlanılan sahə üzrə hazırliqsız iştirakçılara nisbətən pis cavab veriblər.

Tapşırıqların ayrıdetmə əmsallarının təsnifatı.

Ayrıdetmə əmsalının qiymətinə görə tapşırığın dəyərləndirilməsi *(Ebelə görə)*

Tapşırığın ayrıdetməsi	Tapşırığın dəyərləndirilməsi
>= 0.40	Çox yaxşıdır
0.30 <= 0.39	Məğbuldurr
0.20 <= 0.29	Yaxşılaşdırılması zəruridir
<0.19	Kənarlaşdırılmalıdır

Ayrıdetmə əmsalının hesablanması

Test tapşırığının **ayırdetmə əmsalı** müxtəlif üsullarla hesablanır. Onlardan biri və əllə hesablanması qismən asan olanı aşağıdakı düsturla veriləndir.

$$d_i = Y_i / n_i Y - A_i / n_i A$$

Testləşmədə iştirak edənləri topladıqları cəm ballarını azalma sırasına görə düzürlər. Sonra, sıralamanın yuxarısındakı 27% -iştirakçıdan, tapşırığa doğru cavab verənlərin payından ($Y_i / n_i Y$) sıralamanın aşağısındakı 27% -iştirakçının tapşırığa doğru cavab verənlərin payını ($A_i / n_i A$) çıxırlar. Burada *"Y"* -hərfi yuxarı sözünün baş hərfi, *"A"* -hərfi aşağı sözünün baş hərfidir. Burada verilən **27%-** normal paylanmanın paylanma xüsusiyyəti ilə əlaqəlidir (Kelly).

Burada, $n_i(Y)$ və $n_i(A)$ uyğun olaraq, yuxarı və aşağı qruplardakı iştirakçıların, Y_i və A_i yuxarı və aşağı qruplarda *i*-ci tapşırığa doğru cavab verənlərin sayıdır.

Tapşırığın ayrıdetmə əmsalının hesablanmasının digər alternativ yolu tapşırığa cavabla testin cəm balı arasında nöqtəvi-biserial korrelyasiyadır (item-total test-score point-biserial correlation). Burada tapşırığa cavab dixotomik şkalada, testin cəm balı isə ya interval ya da nizam şkalasında olur. Bu səbəbdən, Pirson korrelyasiya əmsalı düsturu dəyişərək aşağıdakı şəkli alır.

$$r_{iX} = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}}{S_X} \cdot \sqrt{\frac{p_i}{1 - p_i}}$$

Burada,

- X_i- tapşırığa doğru cavabların payı, yəni doğru cavab verənlərin sayının tərs qiyməti;
- p_i - tapşırığın çətinlik dərəcəsi;
- $\overline{X}$ - Testin cəm ballarının orta qiyməti;
- σ_X - Testin cəm ballarının orta kvadratik meyli.

Bir qayda olaraq ayrıdetmə əmsalı 0.2-dən kiçiki olan tapşırıqlar testən çıxarılmalıdır (Allen 1979).

Yuxarıda ayrıdetmə əmsalının hesablanmsı üçün verilən hər iki düsturun nəticəsi müsbət olmalıdır. Əgər, bu göstəricilər hansısa bir tapşırıq üçün mənfi qiymət alırsa, onda həmin tapşırıq yerdə qalan digər tapşırıqların ölçdüyünün əksini ölçür. Bu halda ya tapşırıq düzgün ifadə edilməyib ya düzgün kodlaşmayıb və sairə.

Bəzən, tapşırığa cavab cəm ballarla korrelyasiya etmədiyi halda, tapşırığa cavabla cəm balların nöqtəvi-biserial korrelyasiyası müsbət ola bilir. Bu halın aradan qaldırılması məqsədilə cəm ballar hesablanarkən tapşırığın cavabları cəm ballara daxil edilmir. Tapşırıqların nəticələrinin analizinə aid əksər proqramlarda, hər iki göstərici ayri-ayrılıqda verilir. Yəni, tapşırığa cavablar cəm ballara daxil edildikdə həm də daxil edilmədikdə ayrıdetmə əmsalları hesablanır.

Cavabı verilən alternativ variantlardan seçim tələb edən test tapşırıqları (MC-items)

Qapalı test tapşırıqları müxtəlif növ biliklərin və təlim nəticələrinin ölçülməsində istifadə oluna bilir. Bu növ test tapşırıqları vasitəsilə Blumun təsnifatının çox hissəsinə (bilmə, başa düşmə, tətbiq etmə, analiz) aid olanları ölçmək mümkündür.

Təlimin müxtəlif səviyyələrindəki nailiyyətlərin ölçülməsi üçün qapalı test tapşırıqlarının müxtəlif formatları vardır. Tapşırıqların hansı tipinin (cavabı verilən variantlardan birinin seçimini, "doğru-yalan"-ın müəyyən edilməsini tələb edən, verilən seriyalar arasında uyğunluq yaratmaq və sairə) tətbiq edilməsinə baxıldıqda isə yəqin ki, effektif üsul kimi cavabı verilən alternativ variantlardan birinin seçimini tələb edən formatdan başlamaq lazımdır. Bu zaman, baxılan məzmun və təlim sahəsi belə formatın tətbiqinə imkan vermədikdə digər formatlardan istifadə oluna bilər. Məsələn, alternativ varıant kimi, yalnız iki mümkün variant vardırsa onda "doğru-yalan" formatının seçilməsinə üstünlük verilməlidir və sairə.

- Cavabı verilən variantlardan seçim tələb edən test tapşırıqlarının *güclü* tərəfləri:
- Sadədən mürəkkəbə kimi geniş çeşidli təlim nəticələrini ölçmək olur;
- Yüksək tələblərə cavab verən struktura malik, aydın yazılmış tapşırıqlar qurmaq mümkündür;
- Doğru olmayan alternativ cavablardan tapşırıqların təhlilində diagnostik məlumat kimi istifadə etmək olur;
- Cavab variantlarının sayı çoxaldıqca doğru cavabı təxminetmə ehtimalı azalır;
- Alınan ballar, digər ballaşmalarda (məsələn, "esse"- lərdə) olduğundan etibarlidir;
- Ballaşma obyektivdir, əldə edilməsi asan və keyfiyyətcə etibarlidir;
- Tapşırıqların analizi, hər bir tapşırığın çətinlik dərəcəsini, həmçinin ölçülən sahə üzrə güclü və zəif iştirakçıları ayırmağa imkan verən "ayırdetmə" əmsalını hesablamağa imkan verir;
- Iştirakçıların nətəcələrini müxtəlif qruplar və dövrlər üzrə müqayisə etmək mümkündür;
- Bir tapşırığın həllinə nəzərdə tutulan müddət az olduğundan bir imtahan müddətində çoxlu sahəni əhatə etmək mümkündür;
- Tapşırıqlar elə formalaşdırıla bilər ki, cavablar müxtəlif səviyyələrdə qismən doğru olsun.

Cavabı verilən variantlardan seçim tələb edən test tapşırıqlarının *zəif* tərəfləri

- Keyfiyyətli tapşırığın yazılması çox vaxt və vəsait tələb edən prosesdir;
- Işləyən distraktorların tapılıması və yazılması çox vaxt çətin, bəzən də heç mümkün olmayan prosesdir;
- Bu növ tapşırıqlarla bir cox idrakı bacarıqları, xüsusən **Blumun təsnifatındakı** yüksək səviyyədə olanları formalaşdırmaq və ölçmək mümkün olmur.

Distractorlar üzrə analiz.

Distractorlar üzrə analizdə, adətən iştirakçılar yığdıqları cəm ballara görə müəyyən sayda qruplara bölünürlər. Belə bölmələr çox vaxt **"yuxarı", "orta" və "aşağı"** kimi üç hissədən ibarət olur. Sonra, bu qruplar üzrə hər bir tapşırığın doğru cavabının və distraktorlarının payı hesablanır.

- Aydındır ki və sağlam düşüncəyə görə də qruplar üzrə tapşırığa doğru cavabların payı qrupların hazırlıq səviyyələri artdıqca artmalı, distraktorları seçənlərin payı isə qrupların hazırlıq səviyyələri artdıqca azalmalıdır. Bu drumun pozulduğu bütün hallara yenidən baxılmalı və vəziyyət araşdırılmalıdır.
- Bundan başqa, distraktorları seçənlərin payı, yaxud faizi müəyyən bəlli həddən az olmalıdır. Məsələn, 5%-dən az olmalı deyil. Əks halda, distraktor iştirakçılar üçün cəlbedici hesab edilmir və əvəzedilməsi məsləhət bilınir.
- Yuxarı qrupda doğru cavabı seçənlərin faizi ayrılıqda hər bir distraktoru seçənlərin faizindən çox olmalıdır.

Tapşırığın seçilməsi üçün ümumi qaydalar

- Tapşırığın final testə seçilməsi üçün ümumi qaydalar:
  - Yalnız ayrıdetmə əmsalı 0.2-dən böyük olanlar seçilir;
  - Ayrıdetmə əmsalı 0.2-dən kiçik olanlara ya yenidən baxılmalı ya testdən çıxarılmalıdır;
  - Çox çətin və çox asan tapşırıqlar testə seçilmir.
- Tapşırığın çətinliyi ilə onun ayrıdetməsi arasında əlaqə:
  - Bu göstəricilər bir-birlərini inkar etmirlər, əksinə biri digərini tamamlayır;
  - Yaxşı tapşırığın seçilməsində hər ikisindən istifadə olunmalıdır;
  - Əgər, tapşırığın ayrıdetməsi sıfır yaxud mənfidirsə, onda çətinlik dərəcəsindən asılı olmayaraq həmin tapşırıq testdən çıxarılır.

Müxtəlif paketlərdən və funksiyalardan istifadə etməklə KTN çərçivəsində tapşırıqların və bütövlükdə testin analizi.

"epmr"-paketi

"epmr" paketindən istifadə etməklə tapşırıqların analizi. Paketi buradan, epmr (https://github.com/talbano/intro-measurement) yükləyə bilərsiz.

Əvvəlcə, yuxarıda artıq istifadə etdiyimiz çətinliklərinə ğörə fərqlənən üç datanı (Asan, Orta və Çətin) R-a yükləyək.

```
library(readr)
Asan <- read_csv("Asan.csv")
Orta <- read_csv("Orta.csv")
Çətin <- read_csv("Çətin.csv")
```

Biz cəm ballarının təsviri statistikası üçün paketin *"dstudy"* funksiyasından istifadə edək. Burada cəm balların təsviri statistikası nisbətən yığcam formada verilmişdir. Nəticə kimi verilən cədvəldə orta qiymət, median, standart yayınma, əyrilik, diklik, minimum bal, maksimum bal, imtahan verənlərin sayı və cavabı olmayan tapşırıqların sayı verilir.

```
dstudy(rowSums(Asan)) ## Asan səviyyəli testin təsviri cəm ballarının təsviri statistikası
```

	mean	median	sd	skew	kurt	min	m...	n	na
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
x	28.695	29	6.733745	-0.5321678	2.612573	8	40	1000	0

1 row

```
dstudy(rowSums(Orta)) ## Orta səviyyəli testin təsviri cəm ballarının təsviri statistikası
```

	mean	median	sd	skew	kurt	min	m...	n	na
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
x	22.404	22	7.066167	0.05299761	2.339449	5	39	1000	0

1 row

```
dstudy(rowSums(Çətin)) ## Çətin səviyyəli testin təsviri cəm ballarının təsviri statistikası
```

	mean	median	sd	skew	kurt	min	m...	n	na
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
x	16.212	15	6.429338	0.5557935	2.826649	4	38	1000	0

1 row

Hər üş səviyyəli testin cəm ballarının təsviri statistikasın bir cədvəldə verək:

```
Təsviri_cədvəl <- rbind(Asan = dstudy(rowSums(Asan)),
                    Orta = dstudy(rowSums(Orta)),
                    Çətin= dstudy(rowSums(Çətin)))
Təsviri_cədvəl
```

	mean	median	sd	skew	kurt	m...	m...	n	na
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Asan	28.695	29	6.733745	-0.53216783	2.612573	8	40	1000	0
Orta	22.404	22	7.066167	0.05299761	2.339449	5	39	1000	0
Çətin	16.212	15	6.429338	0.55579347	2.826649	4	38	1000	0

3 rows

"epmr"-paketinin *istudy* funksiyasından istifadə edərək bü üç müxtəlif testin daxili razılaşdırma əmsalını tapaq. "epmr"-paketinin "istudy"-funksiyası tapşırıqların parametrləri və bütöv testin Kronbax alfası haqda məlumat verir. "istudy"-funksiyasının bir üstünlüyü də odur ki, tapşırıqların analizində verilməyən cavabların statistikası da aparılır.

- Tapşırıqların analizində verilən göstəricilərin adları:
  - **m** -tapşırığa cavabın orta qiyməti;
  - **sd** -tapşırığa cavabın standart meyli;
  - **n** -iştirakçıların sayı;
  - **na** -tapşırığa cavab verməyənlərin sayı;

- **itc** -tapşırığa cavabla cəm balin korrelyasiyası;
- **citc** -tapşırıq daxıl olmadan tapşırığa cavabla cəm balin korrelyasiyası;
- **aid** tapşırıq daxıl olmadan Kronbax alfası.

```
istudy(Asan)
```

```
##
## Scored Item Study
##
## Alpha: 0.8495
##
## Item statistics:
##              m    sd    n na   itc  citc   aid
## Tapsh-1  0.806 0.396 1000  0 0.331 0.277 0.847
## Tapsh-2  0.847 0.360 1000  0 0.332 0.284 0.847
## Tapsh-3  0.628 0.484 1000  0 0.332 0.266 0.848
## Tapsh-4  0.839 0.368 1000  0 0.396 0.349 0.846
## Tapsh-5  0.694 0.461 1000  0 0.376 0.315 0.846
## Tapsh-6  0.637 0.481 1000  0 0.406 0.344 0.846
## Tapsh-7  0.741 0.438 1000  0 0.434 0.379 0.845
## Tapsh-8  0.650 0.477 1000  0 0.450 0.390 0.845
## Tapsh-9  0.553 0.497 1000  0 0.382 0.317 0.846
## Tapsh-10 0.759 0.428 1000  0 0.452 0.399 0.844
## Tapsh-11 0.687 0.464 1000  0 0.344 0.281 0.847
## Tapsh-12 0.868 0.339 1000  0 0.367 0.322 0.846
## Tapsh-13 0.588 0.492 1000  0 0.344 0.277 0.847
## Tapsh-14 0.576 0.494 1000  0 0.382 0.317 0.846
## Tapsh-15 0.787 0.410 1000  0 0.360 0.305 0.847
## Tapsh-16 0.560 0.497 1000  0 0.437 0.374 0.845
## Tapsh-17 0.659 0.474 1000  0 0.345 0.281 0.847
## Tapsh-18 0.796 0.403 1000  0 0.354 0.300 0.847
## Tapsh-19 0.599 0.490 1000  0 0.456 0.395 0.844
## Tapsh-20 0.652 0.477 1000  0 0.397 0.335 0.846
## Tapsh-21 0.706 0.456 1000  0 0.375 0.314 0.846
## Tapsh-22 0.757 0.429 1000  0 0.416 0.361 0.845
## Tapsh-23 0.867 0.340 1000  0 0.337 0.291 0.847
## Tapsh-24 0.743 0.437 1000  0 0.443 0.388 0.845
## Tapsh-25 0.854 0.353 1000  0 0.342 0.294 0.847
## Tapsh-26 0.715 0.452 1000  0 0.427 0.369 0.845
## Tapsh-27 0.704 0.457 1000  0 0.364 0.303 0.847
## Tapsh-28 0.813 0.390 1000  0 0.417 0.367 0.845
## Tapsh-29 0.671 0.470 1000  0 0.413 0.353 0.845
## Tapsh-30 0.769 0.422 1000  0 0.373 0.317 0.846
## Tapsh-31 0.598 0.491 1000  0 0.322 0.254 0.848
## Tapsh-32 0.696 0.460 1000  0 0.387 0.327 0.846
## Tapsh-33 0.852 0.355 1000  0 0.381 0.334 0.846
## Tapsh-34 0.832 0.374 1000  0 0.368 0.318 0.846
## Tapsh-35 0.672 0.470 1000  0 0.528 0.475 0.842
## Tapsh-36 0.788 0.409 1000  0 0.293 0.237 0.848
## Tapsh-37 0.611 0.488 1000  0 0.394 0.330 0.846
## Tapsh-38 0.688 0.464 1000  0 0.417 0.358 0.845
## Tapsh-39 0.731 0.444 1000  0 0.309 0.248 0.848
## Tapsh-40 0.702 0.458 1000  0 0.313 0.250 0.848
```

```
istudy(Orta)
```

```
##
## Scored Item Study
##
## Alpha: 0.8372
##
## Item statistics:
##               m    sd    n na   itc  citc   aid
## Tapsh-1  0.657 0.475 1000  0 0.432 0.375 0.832
## Tapsh-2  0.623 0.485 1000  0 0.295 0.230 0.836
## Tapsh-3  0.409 0.492 1000  0 0.310 0.245 0.835
## Tapsh-4  0.552 0.498 1000  0 0.453 0.394 0.831
## Tapsh-5  0.605 0.489 1000  0 0.356 0.294 0.834
## Tapsh-6  0.447 0.497 1000  0 0.413 0.352 0.833
## Tapsh-7  0.692 0.462 1000  0 0.363 0.305 0.834
## Tapsh-8  0.725 0.447 1000  0 0.404 0.349 0.833
## Tapsh-9  0.437 0.496 1000  0 0.338 0.274 0.835
## Tapsh-10 0.747 0.435 1000  0 0.302 0.245 0.835
## Tapsh-11 0.346 0.476 1000  0 0.412 0.353 0.833
## Tapsh-12 0.565 0.496 1000  0 0.370 0.307 0.834
## Tapsh-13 0.675 0.469 1000  0 0.423 0.367 0.832
## Tapsh-14 0.511 0.500 1000  0 0.349 0.285 0.834
## Tapsh-15 0.659 0.474 1000  0 0.338 0.277 0.835
## Tapsh-16 0.694 0.461 1000  0 0.355 0.296 0.834
## Tapsh-17 0.509 0.500 1000  0 0.246 0.178 0.837
## Tapsh-18 0.720 0.449 1000  0 0.369 0.312 0.834
## Tapsh-19 0.387 0.487 1000  0 0.364 0.302 0.834
## Tapsh-20 0.651 0.477 1000  0 0.392 0.333 0.833
## Tapsh-21 0.652 0.477 1000  0 0.272 0.208 0.836
## Tapsh-22 0.508 0.500 1000  0 0.267 0.200 0.837
## Tapsh-23 0.647 0.478 1000  0 0.427 0.369 0.832
## Tapsh-24 0.795 0.404 1000  0 0.386 0.336 0.833
## Tapsh-25 0.411 0.492 1000  0 0.399 0.338 0.833
## Tapsh-26 0.709 0.454 1000  0 0.412 0.356 0.833
## Tapsh-27 0.749 0.434 1000  0 0.366 0.311 0.834
## Tapsh-28 0.307 0.461 1000  0 0.373 0.315 0.834
## Tapsh-29 0.633 0.482 1000  0 0.429 0.371 0.832
## Tapsh-30 0.417 0.493 1000  0 0.373 0.310 0.834
## Tapsh-31 0.535 0.499 1000  0 0.329 0.264 0.835
## Tapsh-32 0.582 0.493 1000  0 0.386 0.325 0.833
## Tapsh-33 0.512 0.500 1000  0 0.420 0.360 0.832
## Tapsh-34 0.309 0.462 1000  0 0.423 0.367 0.832
## Tapsh-35 0.402 0.491 1000  0 0.433 0.374 0.832
## Tapsh-36 0.682 0.466 1000  0 0.342 0.282 0.834
## Tapsh-37 0.430 0.495 1000  0 0.364 0.300 0.834
## Tapsh-38 0.431 0.495 1000  0 0.322 0.258 0.835
## Tapsh-39 0.491 0.500 1000  0 0.360 0.296 0.834
## Tapsh-40 0.591 0.492 1000  0 0.412 0.351 0.833
```

```
istudy(Çətin)
```

```
##
## Scored Item Study
##
## Alpha: 0.8006
##
## Item statistics:
##              m    sd    n na   itc  citc   aid
## Tapsh-1  0.457 0.498 1000  0 0.364 0.294 0.796
## Tapsh-2  0.488 0.500 1000  0 0.325 0.252 0.797
## Tapsh-3  0.292 0.455 1000  0 0.272 0.205 0.799
## Tapsh-4  0.370 0.483 1000  0 0.429 0.364 0.793
## Tapsh-5  0.460 0.499 1000  0 0.316 0.244 0.797
## Tapsh-6  0.293 0.455 1000  0 0.399 0.337 0.794
## Tapsh-7  0.551 0.498 1000  0 0.353 0.282 0.796
## Tapsh-8  0.564 0.496 1000  0 0.395 0.327 0.794
## Tapsh-9  0.296 0.457 1000  0 0.296 0.230 0.798
## Tapsh-10 0.591 0.492 1000  0 0.299 0.227 0.798
## Tapsh-11 0.189 0.392 1000  0 0.366 0.311 0.796
## Tapsh-12 0.385 0.487 1000  0 0.366 0.298 0.796
## Tapsh-13 0.467 0.499 1000  0 0.445 0.380 0.793
## Tapsh-14 0.394 0.489 1000  0 0.287 0.215 0.798
## Tapsh-15 0.514 0.500 1000  0 0.304 0.231 0.798
## Tapsh-16 0.556 0.497 1000  0 0.375 0.306 0.795
## Tapsh-17 0.401 0.490 1000  0 0.217 0.142 0.801
## Tapsh-18 0.545 0.498 1000  0 0.391 0.323 0.795
## Tapsh-19 0.271 0.445 1000  0 0.276 0.210 0.798
## Tapsh-20 0.455 0.498 1000  0 0.391 0.323 0.795
## Tapsh-21 0.544 0.498 1000  0 0.296 0.223 0.798
## Tapsh-22 0.393 0.489 1000  0 0.203 0.128 0.801
## Tapsh-23 0.446 0.497 1000  0 0.404 0.337 0.794
## Tapsh-24 0.608 0.488 1000  0 0.391 0.324 0.795
## Tapsh-25 0.248 0.432 1000  0 0.363 0.302 0.796
## Tapsh-26 0.537 0.499 1000  0 0.371 0.302 0.795
## Tapsh-27 0.562 0.496 1000  0 0.348 0.277 0.796
## Tapsh-28 0.171 0.377 1000  0 0.319 0.265 0.797
## Tapsh-29 0.462 0.499 1000  0 0.392 0.323 0.795
## Tapsh-30 0.282 0.450 1000  0 0.319 0.254 0.797
## Tapsh-31 0.391 0.488 1000  0 0.282 0.210 0.799
## Tapsh-32 0.400 0.490 1000  0 0.338 0.268 0.797
## Tapsh-33 0.340 0.474 1000  0 0.387 0.321 0.795
## Tapsh-34 0.166 0.372 1000  0 0.388 0.337 0.795
## Tapsh-35 0.237 0.425 1000  0 0.326 0.265 0.797
## Tapsh-36 0.510 0.500 1000  0 0.352 0.281 0.796
## Tapsh-37 0.302 0.459 1000  0 0.305 0.238 0.798
## Tapsh-38 0.323 0.468 1000  0 0.279 0.210 0.799
## Tapsh-39 0.354 0.478 1000  0 0.282 0.212 0.799
## Tapsh-40 0.397 0.490 1000  0 0.319 0.248 0.797
```

"istudy"- funksiyası vasitəsilə yalnız Kronbax alfasının tapılması

```
istudy(Asan)[2]
```

```
## $alpha
## [1] 0.8494712
```

```
istudy(Orta)[2]
```

```
## $alpha
## [1] 0.8371974
```

```
istudy(Çətin)[2]
```

```
## $alpha
## [1] 0.8006125
```

Asan səviyyəli testin Kronbax alfası-0.8392362, Orta səviyyəli testin Kronbax alfası-0.8420486, Çətin səviyyəli testin Kronbax alfası-0.7943831-dir. Beləlioklə, daxili razılaşdırma əmsalına görə ən yaxşı test Orta səviyyəli test olur.

“epmr”-paketinin *ostudy* -funksiyası, iştirakçıları səviyyələrinə görə üç yerə bölür. Sonra hər bir hissədə tapşırığa cavab verənlərin sayını və ya faizini hesablayır.

Aşağıda, növbəti baxacağımız, **ShinyItemAnalysis**-paketində tapşırıqların analizinə daha geniş baxılır (Əslində, orada “psych” paketinin funksiyalarından istifadə olunur). “ShinyItemAnalysis”-paketində tapşırığa həm doğru cavabın, həm də distraktorların seçimdən asılı olaraq, müxtəlif səviyyələr üzrə cavbabların sayına və faizinə baxılır.

Aşağıda 1-ci, 10-cu və 20-ci tapşırıqların 3 səviyyə üzrə cavablarının sayina baxılır.

```
ostudy(Asan[c(1, 10, 20)], scores = rowSums(Asan))
```

```
## $counts
## $counts$`Tapsh-1`
##    groups
##     low mid high
##   0 120  57   17
##   1 224 299  283
##
## $counts$`Tapsh-10`
##    groups
##     low mid high
##   0 160  65   16
##   1 184 291  284
##
## $counts$`Tapsh-20`
##    groups
##     low mid high
##   0 198 107   43
##   1 146 249  257
##
##
## $rowpct
## $rowpct$`Tapsh-1`
##    groups
##     low mid high
##   0  62  29    9
##   1  28  37   35
##
## $rowpct$`Tapsh-10`
##    groups
##     low mid high
##   0  66  27    7
##   1  24  38   37
##
## $rowpct$`Tapsh-20`
##    groups
##     low mid high
##   0  57  31   12
##   1  22  38   39
##
##
## $colpct
## $colpct$`Tapsh-1`
##    groups
##     low mid high
##   0  35  16    6
##   1  65  84   94
##
## $colpct$`Tapsh-10`
##    groups
##     low mid high
##   0  47  18    5
##   1  53  82   95
##
## $colpct$`Tapsh-20`
##    groups
##     low mid high
##   0  58  30   14
##   1  42  70   86
```

Burada 3 tapşırığa (1-ci, 10-cu və 20-ci tapşırıqlar) cavabların üç səviyyə üzrə sayı və faizləri verilmişdir. Bizim baxdığımız və özümüz törətdiyimiz asan səviyyəli datada (Asan səviyyəli test) cavabı verilməyən tapşırıq yoxdur. Yuxarıda, I cədvəldə I tapşırığın cavablarının səviyyələr üzrə sayı verilmişdir. Belə ki birinci sətirdə 0-bal alanların aşağı, orta və yuxarı səviyyələr üzrə sayı 214, 106 və 43 durur. İkinci sətirdə 1-bal alanların aşağı, orta və yuxarı səviyyələr üzrə sayı 160, 199 və 43 durur.

İkinci cədvəl baxmaq istədiyimiz 10-nömrəli tapşırığa, sırada üçüncü cədvəl, baxmaq istədiyimiz 20-nömrəli tapşırığa aiddir.

Sonra, həmin tapşırıqların səviyyələr üzrə cavablarının faizləri verilir.

"CTT"-(Classical Test Theory) paketi

Bu paketi buradan, CTT (https://cran.r-project.org/web/packages/CTT/CTT.pdf) yükləyə bilərsiz. Paketin vasitəsilə Klassik Test Nəzəriyyəsi çərçivəsində digər əməliyyatlarla yanaşı, aşağıdakıları da etmək mümkündür:

- Cavabı alternativ verilənlərdən seçim tələb edən tapşırıqların ballaşdırması;
- Etibarlılıq analizinın aparılması;
- Tapşırıqların statistik təhlili;
- Test ballarının bir şkaladan diqər şkalaya keçirilməsi.

Cavabı alternativ verilənlərdən seçim tələb edən tapşırıqları ballaşdırmaq, test analizinin ilkin mərhələləsidir. Belə ki, adətən, testin cavabı çiy formada olur və testi müşahidə edən qoşma sənəddə onun açarı da (Codbook) verilir. Bu açarda hər bir tapşırığın doğru cavabi göstərilir. Tapşırığa cavablar seçimdən asılı olaraq ya böyük ya kiçik hərflərlə ya da rəqəmlərlə göstərilə bilər.

Testin, hərtərəfli analizi üçün onun çiy formasına da baxılmalıdır. Məsələn, distraktorların analizinə məhz, bu formada baxmaq olur.

Bizim süni surətdə üç çətinlik səviyyəsində törətdiyimiz və yuxarıda istifadə etdiyimiz datalar (Asan, Orta və Çətin) bu məqsədə yaramır. Beləki, onlar artıq ballaşdırılmış testlərdir. Bu səbəbdən biz **CTT** paketinin içinə tikilən çiy datadan (CTTdata) və onun açarından (CTTkey) istifadə edəcəyik. (Qeyd edək ki R-da müxtəlif proqramların köməyilə müxtəlif çətinlik səviyyələri olan çiy datalar da törətmək mümkündür.)

Əvvəlcə, "CTT"- paketini kompüterə, sonra isə R-a yükləyin.

```
library(CTT)
```

```
##
## Attaching package: 'CTT'
```

```
## The following objects are masked from 'package:psych':
##
##     polyserial, reliability
```

Bizə lazım olan data **CTTdata** -datası paketin içərisindədir. (Example Multiple-Choice Data). Bu datada 20 ballaşmamış tapşırıq, 100 cavab verən vardır.

```
data(CTTdata)
```

Hər bir datanı R-a yüklədikdən sonra ona baxılmasi məsləhətdir. Məsələn, **str** funksiyası ilə yaxud **glimpse** funksiyası ilə.

```
str(CTTdata)
```

```
## 'data.frame':    100 obs. of  20 variables:
##  $ i1 : chr  "A" "C" "B" "C" ...
##  $ i2 : chr  "B" "D" "D" "C" ...
##  $ i3 : chr  "B" "A" "C" "D" ...
##  $ i4 : chr  "B" "D" "D" "D" ...
##  $ i5 : chr  "B" "C" "A" "D" ...
##  $ i6 : chr  "C" "B" "B" "A" ...
##  $ i7 : chr  "B" "D" "A" "A" ...
##  $ i8 : chr  "C" "B" "C" "D" ...
##  $ i9 : chr  "B" "D" "B" "D" ...
##  $ i10: chr  "D" "A" "D" "D" ...
##  $ i11: chr  "D" "D" "B" "A" ...
##  $ i12: chr  "C" "D" "A" "B" ...
##  $ i13: chr  "A" "A" "A" "C" ...
##  $ i14: chr  "B" "B" "D" "B" ...
##  $ i15: chr  "A" "C" "D" "D" ...
##  $ i16: chr  "D" "C" "A" "B" ...
##  $ i17: chr  "B" "C" "B" "C" ...
##  $ i18: chr  "D" "A" "C" "B" ...
##  $ i19: chr  "A" "D" "B" "C" ...
##  $ i20: chr  "C" "C" "B" "A" ...
```

Datanın qruluşundan görünür ki, burada 20 tapşırığa 100 nəfər cavab veribdir.

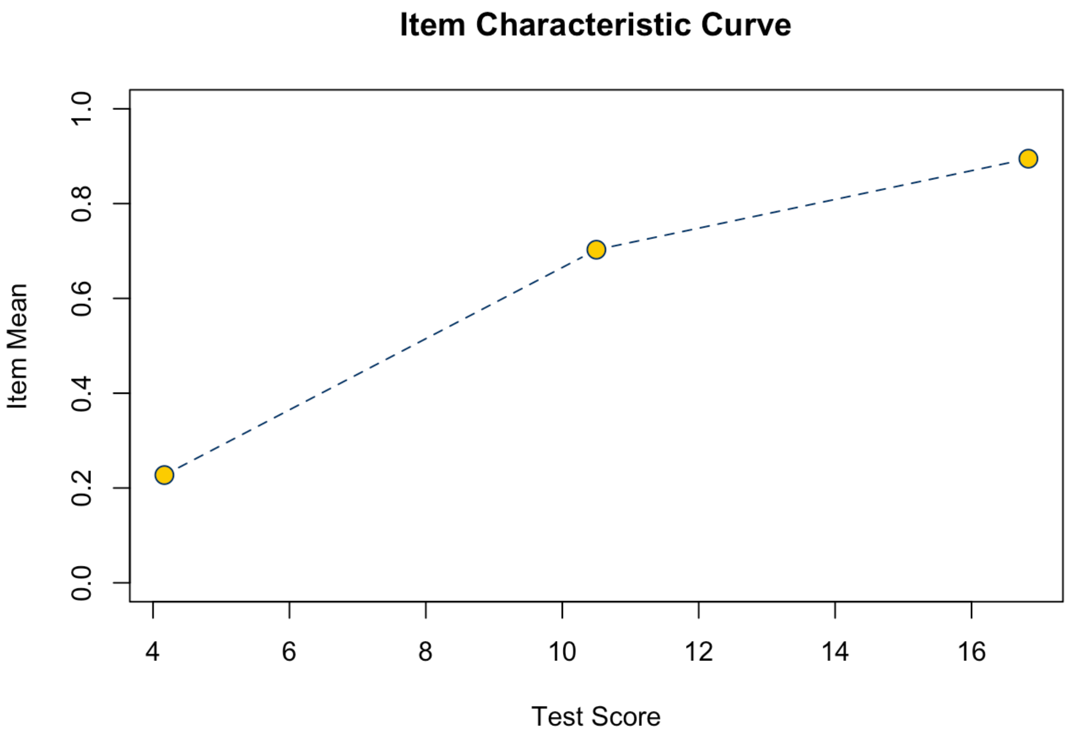
Açarın qruluşu

```
data(CTTkey)
CTTkey
```

```
##  [1] "D" "C" "A" "D" "D" "A" "D" "B" "D" "A" "A" "D" "C" "C" "B" "C" "D" "A" "A"
## [20] "B"
```

Açar göründüyü kimi 20 elementdən ibarət vektor şəklindədir. Birinci yerdə birinci tapşırığın doğru cavabı, ikinci yerdə ikinci tapşırığın doğru cavabı və qalan yerlərdə müvaviq sıra nömrəli tapşırıqların doğru cavabları verilmişdir.

```
data(CTTdata) ## data
data(CTTkey)  ## açar

myScores <- score(CTTdata,CTTkey,
                  output.scored=TRUE) ## Ballaşma
cttICC(myScores$score, myScores$scored[,2],  colTheme="spartans", cex=1.5)
```



Distraktorların analizi (distractor.analysis)

```
data(CTTdata)
data(CTTkey)
# Nəticə .csv faylında verilir
distractorAnalysis(CTTdata,CTTkey, csvReport="Hello.csv")[1:3]
```

```
## $i1
##   correct key  n rspP       pBis    discrim     lower     mid50 mid75
## A           A 19 0.19 -0.3289491 -0.2666667 0.2666667 0.2307692  0.20
## B           B 21 0.21 -0.4253910 -0.3807018 0.4333333 0.1923077  0.08
## C           C 13 0.13 -0.2635730 -0.1666667 0.1666667 0.1923077  0.12
## D       *   D 47 0.47  0.5354616  0.8140351 0.1333333 0.3846154  0.60
##        upper
## A 0.00000000
## B 0.05263158
## C 0.00000000
## D 0.94736842
##
## $i2
##   correct key  n rspP       pBis    discrim     lower      mid50 mid75
## A           A 21 0.21 -0.3125686 -0.3280702 0.4333333 0.07692308  0.16
## B           B 15 0.15 -0.3460590 -0.2000000 0.2000000 0.26923077  0.08
## C       *   C 53 0.53  0.4707659  0.7614035 0.1333333 0.53846154  0.72
## D           D 11 0.11 -0.3345127 -0.2333333 0.2333333 0.11538462  0.04
##       upper
## A 0.1052632
## B 0.0000000
## C 0.8947368
## D 0.0000000
##
## $i3
##   correct key  n rspP       pBis     discrim     lower      mid50 mid75
## A       *   A 55 0.55  0.2299700  0.40877193 0.4333333 0.46153846  0.56
## B           B 17 0.17 -0.2913848 -0.21403509 0.2666667 0.15384615  0.16
## C           C 12 0.12 -0.1312768 -0.08070175 0.1333333 0.03846154  0.24
## D           D 16 0.16 -0.2569262 -0.11403509 0.1666667 0.34615385  0.04
##        upper
## A 0.84210526
## B 0.05263158
## C 0.05263158
## D 0.05263158
```

Biz, distraktorların analizləri üçün nəticələri yalnız, birinci 3 tapşırıq üçün veririk. Məsələn, birinci tapşırığa aid cədvəli şərh edək. Burada istifadə olunan hər bir tapşırığa 4 mümkün cavab vardır. Cavablar, A, B, C və D kimi işarə edilibdir.

- Birinci tapşırığa doğru cavab, D-variantıdır. İkinci sütunda, *"correct key"* D-variantının qabağında "*"-işarəsi vardır;
- İkinci sütunda, **"n"**-variantları seçənlərin sayıdır;
- Üçüncü sütunda, **"rspP"**-variantı seçənlərin ümumi cavabda payıdır;
- Dördüncü sütunda, **"pBis"**-varianta cavablarla cəm cavablar arasında nöqtəvi-biserial korrelyasiyadır (tapşırığa cavablar cəm ballara daxıl edilməmişdir);
- Beşinci sütunda, **"discrim"**- yuxarı üçdə bir payla, aşağı üçdə bir payların fərqidir;
- Altıncı sütunda, **" lower"**- aşağı bal qrupunda cavabı seçənlərin payıdır;
- Doqquzuncu sütunda, **" upper"**- yuxarı bal qrupunda cavabı seçənlərin payıdır.

Cəm ballarının müxtəlif şkalalara çevrilməsi (score.transform)

Bu funksiya cəm ballarını yeni, parametrləri verilmiş şkalaya çevirir. Bu zaman yeni şkalanı xarakterizə edən, orta qiymət, standart yayınma və paylanmanın normallaşdırılması verilir.

```
data(CTTdata)
data(CTTkey)
scores <- score(CTTdata,CTTkey)$score
score.transform(scores,3,1)# Cəm ballarını orta qiymәti-3, standart yayınması 1 olan şkalaya çevirir.
```

```
## $new.scores
##       P1       P2       P3       P4       P5       P6       P7       P8 
## 1.124056 2.893815 1.345276 2.451375 3.778694 2.008935 1.787716 3.557474 
##       P9      P10      P11      P12      P13      P14      P15      P16 
## 3.557474 2.451375 3.778694 1.787716 3.778694 3.557474 4.884792 2.008935 
##      P17      P18      P19      P20      P21      P22      P23      P24 
## 2.008935 2.008935 2.672595 2.893815 3.557474 2.008935 2.230155 2.672595 
##      P25      P26      P27      P28      P29      P30      P31      P32 
## 2.893815 2.008935 2.230155 2.672595 2.451375 2.008935 3.115034 2.230155 
##      P33      P34      P35      P36      P37      P38      P39      P40 
## 2.008935 2.008935 2.451375 1.566496 3.336254 2.451375 2.451375 2.672595 
##      P41      P42      P43      P44      P45      P46      P47      P48 
## 1.787716 2.451375 3.115034 2.451375 2.451375 2.451375 4.663573 4.663573 
##      P49      P50      P51      P52      P53      P54      P55      P56 
## 4.221133 2.451375 2.672595 3.557474 3.557474 1.787716 2.008935 2.008935 
##      P57      P58      P59      P60      P61      P62      P63      P64 
## 2.008935 3.999913 2.893815 2.451375 4.663573 2.230155 3.778694 4.221133 
##      P65      P66      P67      P68      P69      P70      P71      P72 
## 1.787716 2.893815 1.566496 4.884792 5.327232 5.106012 3.115034 2.893815 
##      P73      P74      P75      P76      P77      P78      P79      P80 
## 3.557474 3.115034 3.778694 2.893815 3.557474 3.557474 4.221133 4.221133 
##      P81      P82      P83      P84      P85      P86      P87      P88 
## 3.999913 3.778694 2.451375 1.787716 2.008935 4.884792 3.115034 3.778694 
##      P89      P90      P91      P92      P93      P94      P95      P96 
## 5.106012 4.221133 2.230155 2.230155 1.787716 3.778694 2.451375 3.557474 
##      P97      P98      P99     P100 
## 4.221133 4.663573 3.115034 4.442353 
## 
## $p.scores
##   P1   P2   P3   P4   P5   P6   P7   P8   P9  P10  P11  P12  P13  P14  P15  P16 
## 0.01 0.53 0.02 0.37 0.77 0.18 0.08 0.68 0.68 0.37 0.77 0.08 0.77 0.68 0.96 0.18 
##  P17  P18  P19  P20  P21  P22  P23  P24  P25  P26  P27  P28  P29  P30  P31  P32 
## 0.18 0.18 0.47 0.53 0.68 0.18 0.27 0.47 0.53 0.18 0.27 0.47 0.37 0.18 0.59 0.27 
##  P33  P34  P35  P36  P37  P38  P39  P40  P41  P42  P43  P44  P45  P46  P47  P48 
## 0.18 0.18 0.37 0.03 0.63 0.37 0.37 0.47 0.08 0.37 0.59 0.37 0.37 0.37 0.92 0.92 
##  P49  P50  P51  P52  P53  P54  P55  P56  P57  P58  P59  P60  P61  P62  P63  P64 
## 0.86 0.37 0.47 0.68 0.68 0.08 0.18 0.18 0.18 0.82 0.53 0.37 0.92 0.27 0.77 0.86 
##  P65  P66  P67  P68  P69  P70  P71  P72  P73  P74  P75  P76  P77  P78  P79  P80 
## 0.08 0.53 0.03 0.96 1.00 0.98 0.59 0.53 0.68 0.59 0.77 0.53 0.68 0.68 0.86 0.86 
##  P81  P82  P83  P84  P85  P86  P87  P88  P89  P90  P91  P92  P93  P94  P95  P96 
## 0.82 0.77 0.37 0.08 0.18 0.96 0.59 0.77 0.98 0.86 0.27 0.27 0.08 0.77 0.37 0.68 
##  P97  P98  P99 P100 
## 0.86 0.92 0.59 0.90
```

```
score.transform(scores,3,1,TRUE)# Cəm balları normallaşdırılmış şkalaya keçirilir
```

```
## $new.scores
##        P1        P2        P3        P4        P5        P6        P7        P8 
## 0.6736521 3.0752699 0.9462511 2.6681467 3.7388468 2.0846349 1.5949284 3.4676988 
##        P9       P10       P11       P12       P13       P14       P15       P16 
## 3.4676988 2.6681467 3.7388468 1.5949284 3.7388468 3.4676988 4.7506861 2.0846349 
##       P17       P18       P19       P20       P21       P22       P23       P24 
## 2.0846349 2.0846349 2.9247301 3.0752699 3.4676988 2.0846349 2.3871870 2.9247301 
##       P25       P26       P27       P28       P29       P30       P31       P32 
## 3.0752699 2.0846349 2.3871870 2.9247301 2.6681467 2.0846349 3.2275450 2.3871870 
##       P33       P34       P35       P36       P37       P38       P39       P40 
## 2.0846349 2.0846349 2.6681467 1.1192064 3.3318533 2.6681467 2.6681467 2.9247301 
##       P41       P42       P43       P44       P45       P46       P47       P48 
## 1.5949284 2.6681467 3.2275450 2.6681467 2.6681467 2.6681467 4.4050716 4.4050716 
##       P49       P50       P51       P52       P53       P54       P55       P56 
## 4.0803193 2.6681467 2.9247301 3.4676988 3.4676988 1.5949284 2.0846349 2.0846349 
##       P57       P58       P59       P60       P61       P62       P63       P64 
## 2.0846349 3.9153651 3.0752699 2.6681467 4.4050716 2.3871870 3.7388468 4.0803193 
##       P65       P66       P67       P68       P69       P70       P71       P72 
## 1.5949284 3.0752699 1.1192064 4.7506861       Inf 5.0537489 3.2275450 3.0752699 
##       P73       P74       P75       P76       P77       P78       P79       P80 
## 3.4676988 3.2275450 3.7388468 3.0752699 3.4676988 3.4676988 4.0803193 4.0803193 
##       P81       P82       P83       P84       P85       P86       P87       P88 
## 3.9153651 3.7388468 2.6681467 1.5949284 2.0846349 4.7506861 3.2275450 3.7388468 
##       P89       P90       P91       P92       P93       P94       P95       P96 
## 5.0537489 4.0803193 2.3871870 2.3871870 1.5949284 3.7388468 2.6681467 3.4676988 
##       P97       P98       P99      P100 
## 4.0803193 4.4050716 3.2275450 4.2815516 
## 
## $p.scores
##   P1   P2   P3   P4   P5   P6   P7   P8   P9  P10  P11  P12  P13  P14  P15  P16 
## 0.01 0.53 0.02 0.37 0.77 0.18 0.08 0.68 0.68 0.37 0.77 0.08 0.77 0.68 0.96 0.18 
##  P17  P18  P19  P20  P21  P22  P23  P24  P25  P26  P27  P28  P29  P30  P31  P32 
## 0.18 0.18 0.47 0.53 0.68 0.18 0.27 0.47 0.53 0.18 0.27 0.47 0.37 0.18 0.59 0.27 
##  P33  P34  P35  P36  P37  P38  P39  P40  P41  P42  P43  P44  P45  P46  P47  P48 
## 0.18 0.18 0.37 0.03 0.63 0.37 0.37 0.47 0.08 0.37 0.59 0.37 0.37 0.37 0.92 0.92 
##  P49  P50  P51  P52  P53  P54  P55  P56  P57  P58  P59  P60  P61  P62  P63  P64 
## 0.86 0.37 0.47 0.68 0.68 0.08 0.18 0.18 0.18 0.82 0.53 0.37 0.92 0.27 0.77 0.86 
##  P65  P66  P67  P68  P69  P70  P71  P72  P73  P74  P75  P76  P77  P78  P79  P80 
## 0.08 0.53 0.03 0.96 1.00 0.98 0.59 0.53 0.68 0.59 0.77 0.53 0.68 0.68 0.86 0.86 
##  P81  P82  P83  P84  P85  P86  P87  P88  P89  P90  P91  P92  P93  P94  P95  P96 
## 0.82 0.77 0.37 0.08 0.18 0.96 0.59 0.77 0.98 0.86 0.27 0.27 0.08 0.77 0.37 0.68 
##  P97  P98  P99 P100 
## 0.86 0.92 0.59 0.90
```

Yuxarıda verilən I cədvəldə iştirakçıların yığdıqları cəm ballar orta qiyməti 3, standart meyli 1 olan şkalaya çevrilibdir. Belə ki P1 = 1.124056, birinci iştirakçının yeni şkalada balı, P2 = 2.893815, ikinci iştirakçının yeni şkalada balı və nəhayət, P100 = 4.442353 yüzüncü iştirakçının yeni şkalad balıdır.

İkinci cədvəldə iştirakçıların yeni şkaladakı balların prosentil ranqlarıdır.

Üçüncü cədvəldə İştirakçıların çəm balları əvvəlcə prosentil ranqlara çevrilir sonra normallaşdırılmış şkalaya gətirilir.

Dördüncü cədvəldə iştirakçıların yeni şkaladakı balların prosentil ranqlarıdır.

"ShinyItemAnalysis"-paketi.

ShinyItemAnalysis paketini buradan ShinyItemAnalysis (https://cran.r-project.org/web/packages/ShinyItemAnalysis/index.html) yükləyə bilərsiz. Tapşırıqların və testin hərtərəfli analizini bu paketlə aparmaq olur. Bu paket geniş imkanlara malikdır və tez-tez müəllifləri tərəfindən yenilənir.

- Tapşırıqların ənənəvi analizi cədvəlində verilənlərin şərhi:
- **Diff.** -tapşırığın çətinlik dərəcəsi;
- **Avg. score** -tapşırığın orta qiyməti;
- **SD** -Standart yayınma;
- **Min** -Cəm balların minimumu;
- **Obs. min.** -Müşahidə olunan cəm balların minimumu;
- **Max.**-Cəm balların maksimumu;
- **Obs. max.** -Müşahidə olunan cəm balların maksimumu;
- **Prop. max.** -Maksimal balın payı;
- **RIT** -Tapşırığa cavabla cəm ballar arasında Pirson korrelyasiyası;
- **RIR** -Tapşırığa cavabla cəm ballar arasında Pirson korrelyasiyası(tapşırığa cavab cəm ballara daxıl edilmədikdə);
- **I-C cor.** -Tapşırıqla xarici meyar arasında korrelyasiya;
- **ULI** -Yuxarı-aşağı indeksi;
- **Rel** -Tapşırığın etibarlılıq indeksi;
- **Val.** -Tapşırığın validlik indeksi;
- **α-drop** -Tapşırıq daxil edilmədikdə Kronbax alfası;
- **Missed [%]** -Tapşırığa verilməyən cavabların faizi;
- **Not-reached [%]** -Tapşırığa verilməyən və axırda gələn cavabların faizi.

```
# Datanın yüklənməsi
data(GMAT, package = "difNLR")
Data <- GMAT[, 1:20]
# Tapşırıqların analiz cədvəli
ItemAnalysis(Data)
```

	Difficulty <dbl>	Mean <dbl>	SD <dbl>	Cut.score <lgl>	obs.min <int>	Min.score <int>	obs.max <int>
Item1	0.5250	0.5250	0.4994995	NA	0	0	1
Item2	0.5695	0.5695	0.4952700	NA	0	0	1
Item3	0.7135	0.7135	0.4522389	NA	0	0	1
Item4	0.7820	0.7820	0.4129907	NA	0	0	1
Item5	0.8145	0.8145	0.3887999	NA	0	0	1
Item6	0.6390	0.6390	0.4804107	NA	0	0	1
Item7	0.6505	0.6505	0.4769313	NA	0	0	1
Item8	0.6175	0.6175	0.4861192	NA	0	0	1
Item9	0.5790	0.5790	0.4938430	NA	0	0	1

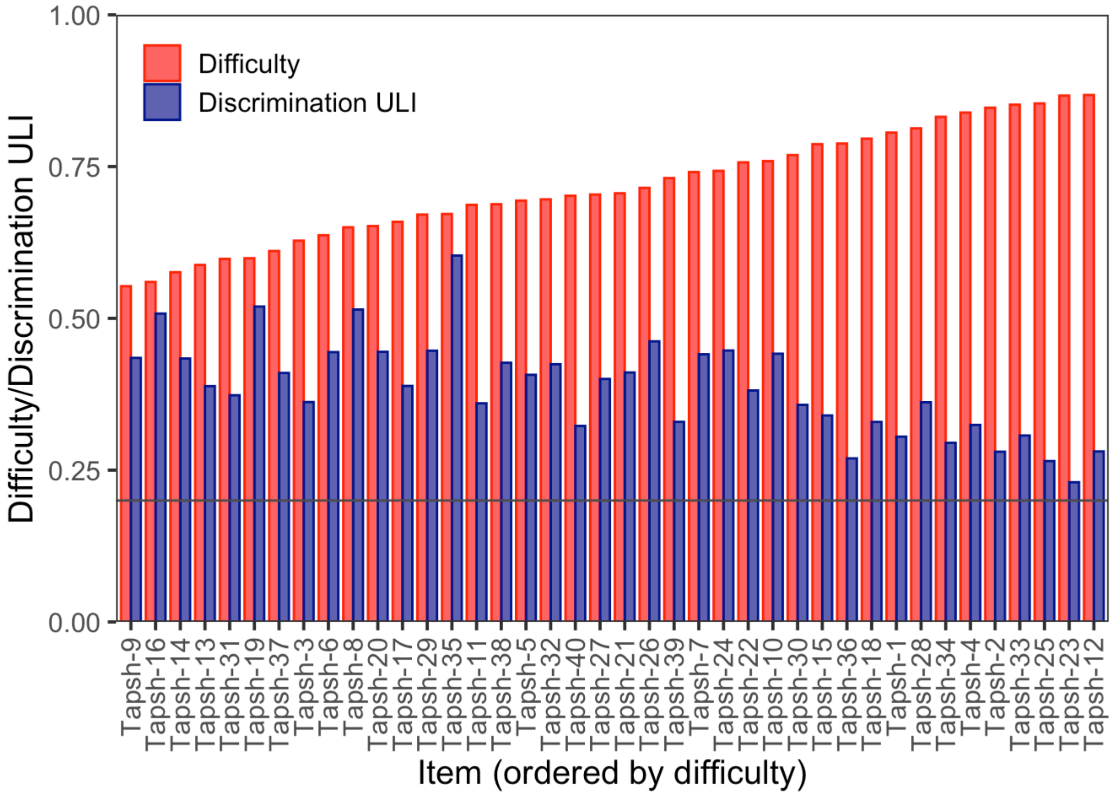
	Difficulty	Mean	SD	Cut.score	obs.min	Min.score	obs.max
	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<lgl>	<int>	<int>	<int>
Item10	0.5755	0.5755	0.4943905	NA	0	0	1

1-10 of 20 rows | 1-8 of 20 columns Previous **1** 2 Next

Bu paketdən istifadə edərək, eyni bir testin tapşırıqlarının çətinlik dərəcələrini və ayrıdetmə əmsallarını yan-yana verən **DDplot** təqdiminə baxaq

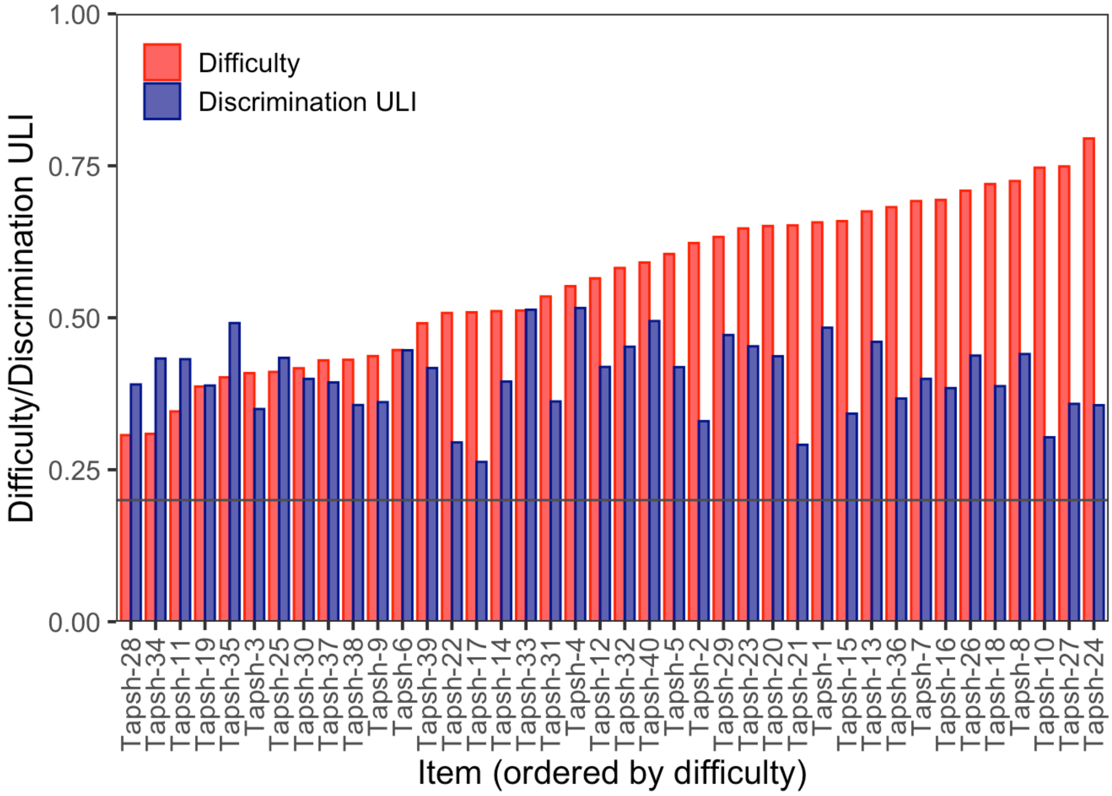
Asan testin tapşırıqlarının çətinlik dərəcələrini və ayrıdetmə əmsallarını yan-yana verən **DDplot** təqdimi

```
# Çətinliik dərəcəsi və ayridetmə diaqramı
DDplot(Asan, discrim = 'ULI', k = 3, l = 1, u = 3)
```



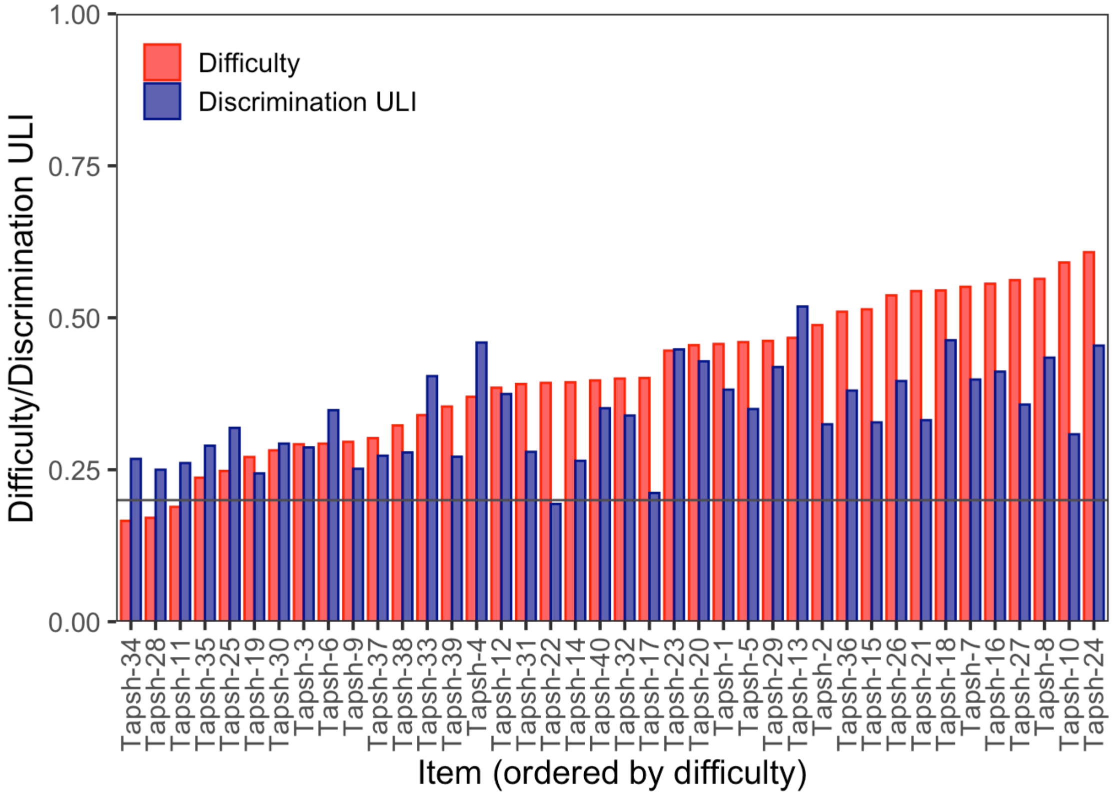
Orta testin tapşırıqlarının çətinlik dərəcələrini və ayrıdetmə əmsallarını yan-yana verən **DDplot** təqdimi

```
DDplot(Orta, discrim = 'ULI', k = 3, l = 1, u = 3)
```



Çətin testin tapşırıqlarının çətinlik dərəcələrini və ayrıdetmə əmsallarını yan-yana verən **DDplot** təqdimi

```
DDplot(Çətin, discrim = 'ULI', k = 3, l = 1, u = 3)
```



psych -paketindən **alpha** -funksiyasından istifadə edərək, hər üç səviyyəli testlərin **Kronbax alfasını** tapa bilərik.

Tapşırıqlara cavabların xarakterik əyriləri

İstifadə olunan datanı (GMATtest) və onun açarını (GMATkey) buradan GMATtest (https://CRAN.R-project.org/package=difNLR) yükləyə bilərsiz.

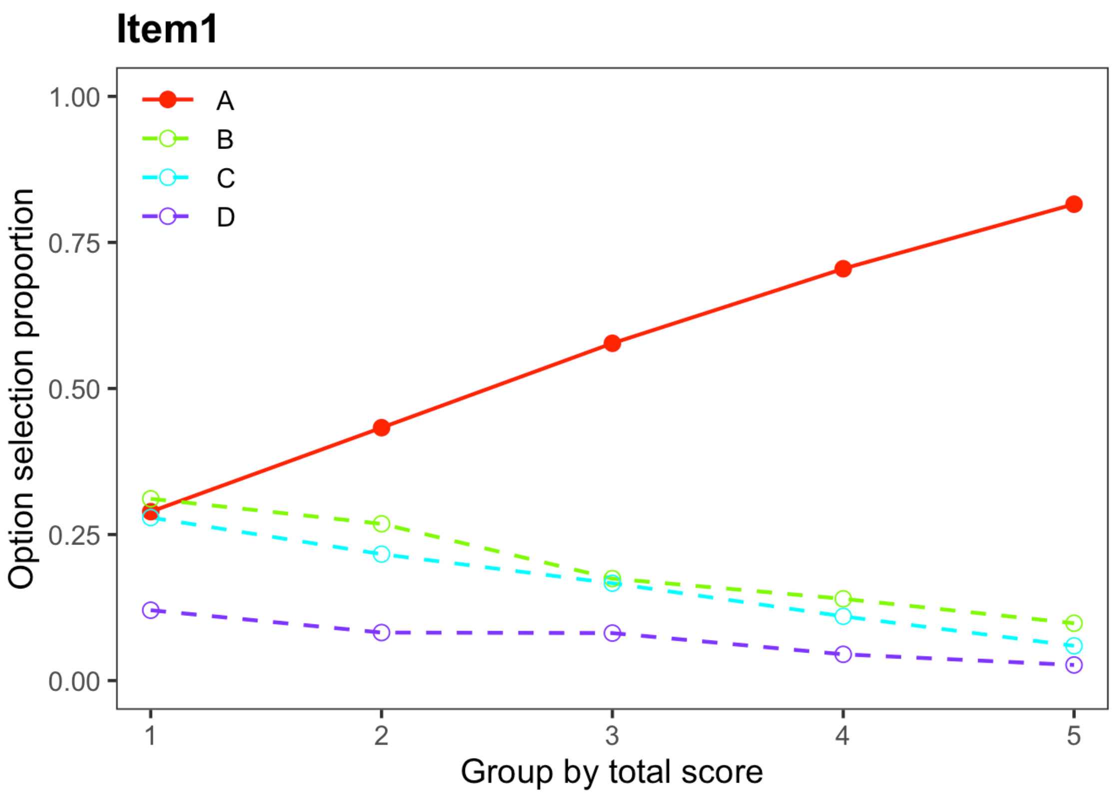
Datanın və onun açarının yüklənməsi

```
library(ShinyItemAnalysis)
data(GMATtest, GMATkey, package = "difNLR")
Data <- GMATtest[, 1:20]
key <- GMATkey
```

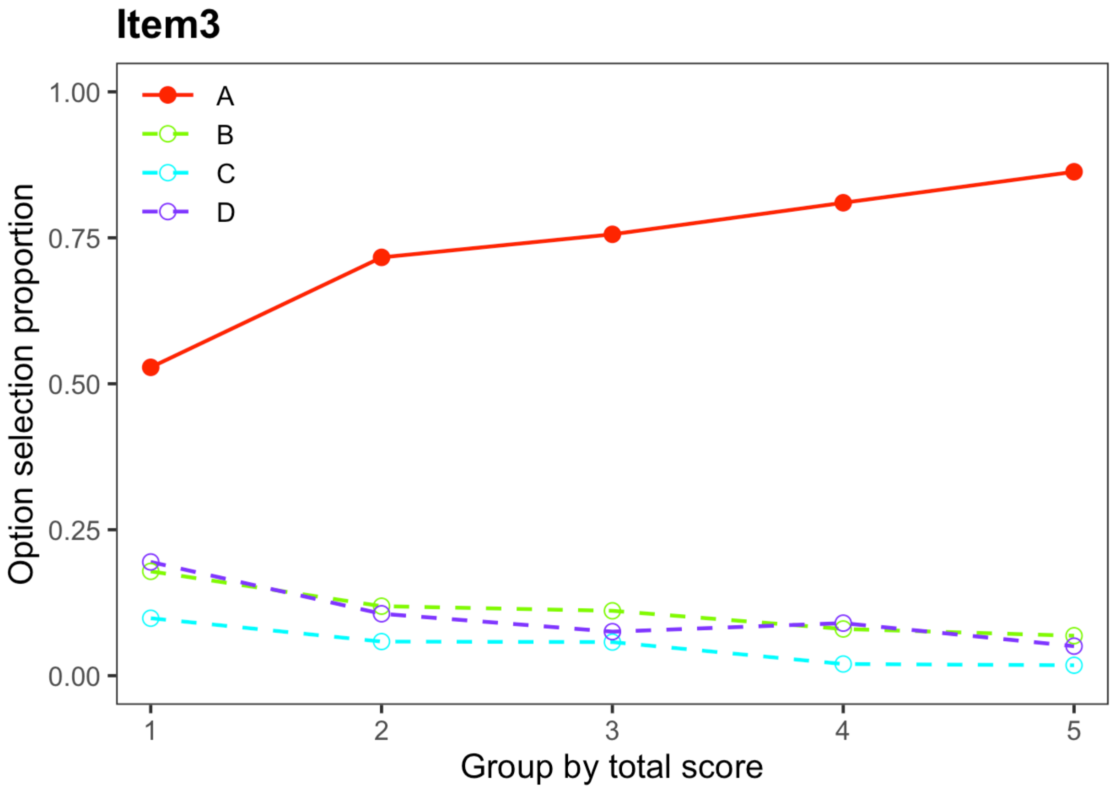
Tapşırıq 1 və 3-də 5 grup üzrə doğru cavabın və distraktorların xarakterik əyriləri

```
plotDistractorAnalysis(Data, key, num.group = 5, item = c(1, 3), multiple.answers = TRUE)
```

```
## $Item1
```



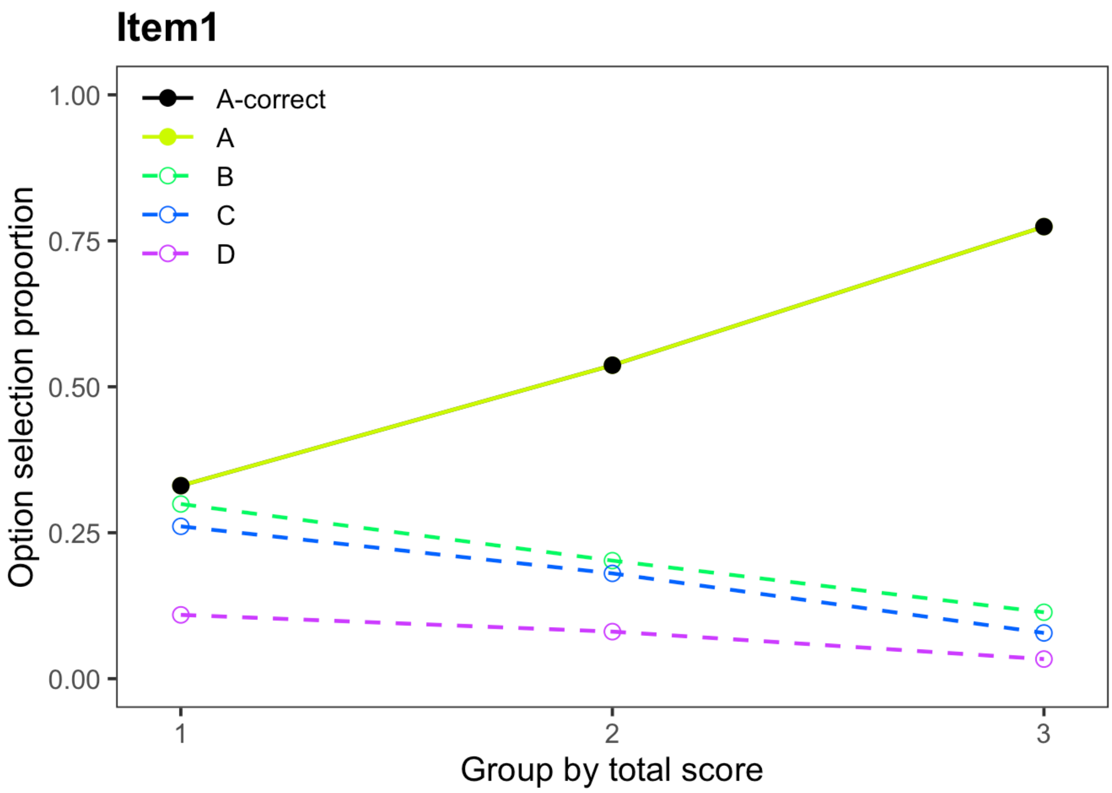

```
##
## $Item3
```



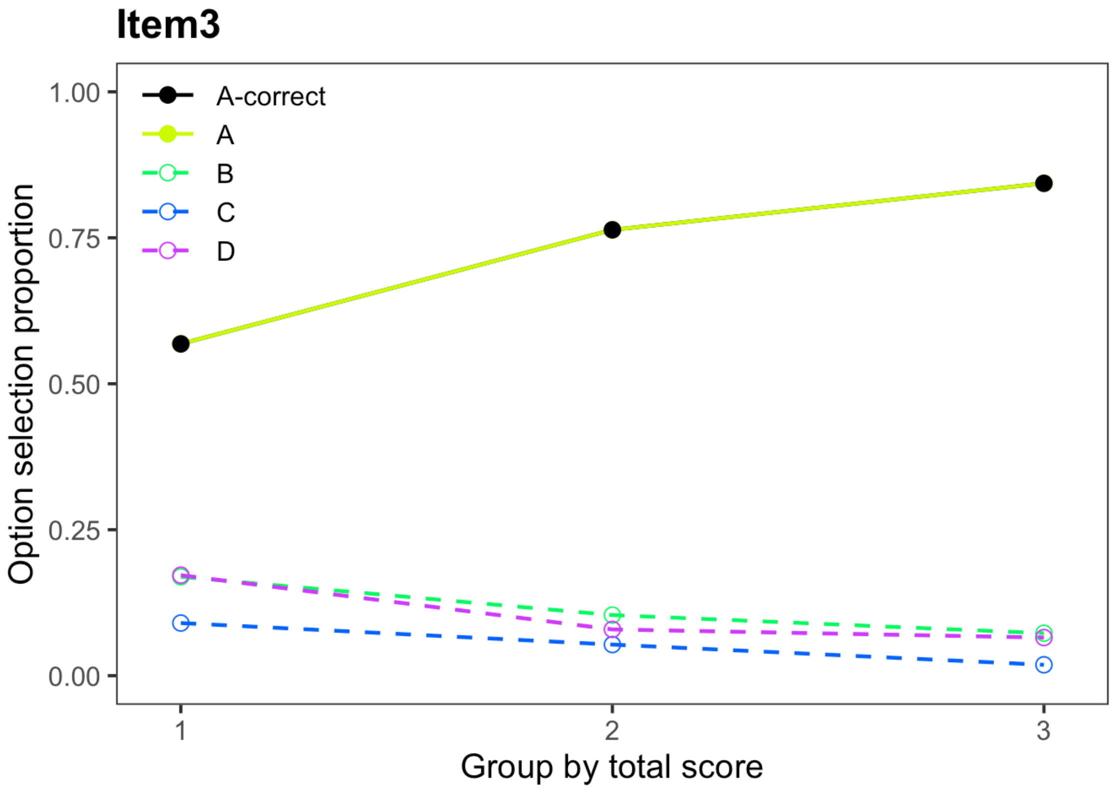
Tapşırıq 1 və 3-də 3 grup üzrə doğru cavabın və distraktorların xarakterik əyriləri

```
plotDistractorAnalysis(Data, key, num.group = 3, item = c(1, 3), multiple.answers = FALSE)
```

```
## $Item1
```




```
##
## $Item3
```



Tapşırıq 1 və 3-də 5 grup üzrə doğru cavabı və distraktorları seçənlərin sayı

```
# table with counts - item 1 and 3 groups
DistractorAnalysis(Data, key, item = c(1, 3), num.groups = 5)
```

```
## $Item1
##         score.level
## response Group1 Group2 Group3 Group4 Group5
##        A    144    200    291    141    274
##        B    155    124     88     28     33
##        C    139    100     84     22     20
##        D     60     38     41      9      9
##
## $Item3
##         score.level
## response Group1 Group2 Group3 Group4 Group5
##        A    263    331    381    162    290
##        B     89     55     56     16     23
##        C     49     27     29      4      6
##        D     97     49     38     18     17
```

Tapşırıq 1 və 3-də 5 grup üzrə doğru cavabı və distraktorları seçənlərin faizi

```
DistractorAnalysis(Data, key, item = c(1, 3), num.groups = 5, p.table = TRUE)
```

```
## $Item1
##         score.level
## response     Group1     Group2     Group3     Group4     Group5
##        A 0.28915663 0.43290043 0.57738095 0.70500000 0.81547619
##        B 0.31124498 0.26839827 0.17460317 0.14000000 0.09821429
##        C 0.27911647 0.21645022 0.16666667 0.11000000 0.05952381
##        D 0.12048193 0.08225108 0.08134921 0.04500000 0.02678571
##
## $Item3
##         score.level
## response     Group1     Group2     Group3     Group4     Group5
##        A 0.52811245 0.71645022 0.75595238 0.81000000 0.86309524
##        B 0.17871486 0.11904762 0.11111111 0.08000000 0.06845238
##        C 0.09839357 0.05844156 0.05753968 0.02000000 0.01785714
##        D 0.19477912 0.10606061 0.07539683 0.09000000 0.05059524
```

Analiz üçün funksiyalar

Biz, indiyənə qədər testin və tapşırıqların analizində müxtəlif paketlərdən istifadə edirdik. Orada istifadə olunan datalar və konkret funksiyalar paketlərin içərisində idilər. İndi isə aşkar formada yazılmış funksiyalardan istifadə etmək istəyirik. Biz Klassik Test Nəzəriyyəsi çərçivəsində **Salvador Castronun** bu mənbədə Psychometrics (https://rpubs.com/castro/ctt) yerləşdirdiyi funksiyalardan istifadə edəcəyik.

Lazım olan funksiyaların yüklənməsi

```
library(CTT)
library(psych)
library(entropy)
library(knitr)
library(DT)
```

Biz yuxarıda dataların verilməsinin 2 üsuluna baxmışdıq. Onlardan birində data bu və ya digər paketin içində olurdu və biz paketi yükləyəndə data da yüklənirdi. Digər halda, datanı özümüz süni sürətdə törədib işlək papkamızda saxlamışdıq və ona ehtiyac olanda R-yükləyirdik. Üçüncü çox geniş yayılmış bir üsul da datanı birbaşa internet səhifəsindən yükləməkdir. Aşağıda datanı və onun açarını internet səhifəsindən yükləyən kod çəngəsi verilmişdir. Bu data və onun açarı internet saytından kompütere yükləndikdən sonra **write.csv** funksiyası ilə işlək papkaya yazılır və saxlanılır.

```
score <- read.csv("http://lang-tech.net/doc/sample.score.csv", header = TRUE, sep = ",")
write.csv("score","score.csv",row.names = FALSE)

## Cavab açarı
key <- read.csv("http://lang-tech.net/doc/sample.key.csv", header = TRUE, sep =",")
key <- as.matrix(key)
write.csv("key","key.csv",row.names = FALSE)
```

Aşağıdakı kod çəngəsilə yüklənən və işlək papkaya yazılan "score" datası, yüklənən və işlək papkaya yazılan "key"- açarı ilə kodlaşdırılır və ballaşdırılmış "myScore"-datasını alırıq. "str(myScore)"-komandası ballaşmış "myScore"-datasının qruluşuna göstərir.

```
myScore <- score(score, key, output.scored=TRUE)
myScore <- as.data.frame(myScore)
str(myScore)
```

```
## 'data.frame':	241 obs. of  21 variables:
##  $ score    : num  9 6 13 9 14 12 7 9 8 11 ...
##  $ scored.1 : num  1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 ...
##  $ scored.2 : num  1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 ...
##  $ scored.3 : num  0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 ...
##  $ scored.4 : num  1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 ...
##  $ scored.5 : num  0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 ...
##  $ scored.6 : num  1 0 0 0 1 1 0 1 1 1 ...
##  $ scored.7 : num  0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 ...
##  $ scored.8 : num  0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 ...
##  $ scored.9 : num  1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
##  $ scored.10: num  0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 ...
##  $ scored.11: num  0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 ...
##  $ scored.12: num  0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 ...
##  $ scored.13: num  1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 ...
##  $ scored.14: num  0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 ...
##  $ scored.15: num  0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 ...
##  $ scored.16: num  1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 ...
##  $ scored.17: num  1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 ...
##  $ scored.18: num  1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 ...
##  $ scored.19: num  0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 ...
##  $ scored.20: num  0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 ...
```

Bu mənbədən birinci baxacağımız aşağıdakı funksiya tapşırıqların analizi adlanır. Funksiya gövdəsində yuxarıda baxdığımız “CTT” paketindən istifadə edir. Funksiyanın kodu “dump” komandası ilə işlək papkaya yazılır. Yekun tapşırıqların analizi cədvəlində ayrıdetmə əmsalları 0.2-dən kiçik olanlar, orta qiymətləri 0.15-dən kiçik və ya 0.85-dən böyük olan tapşırıqlar işarələnir.

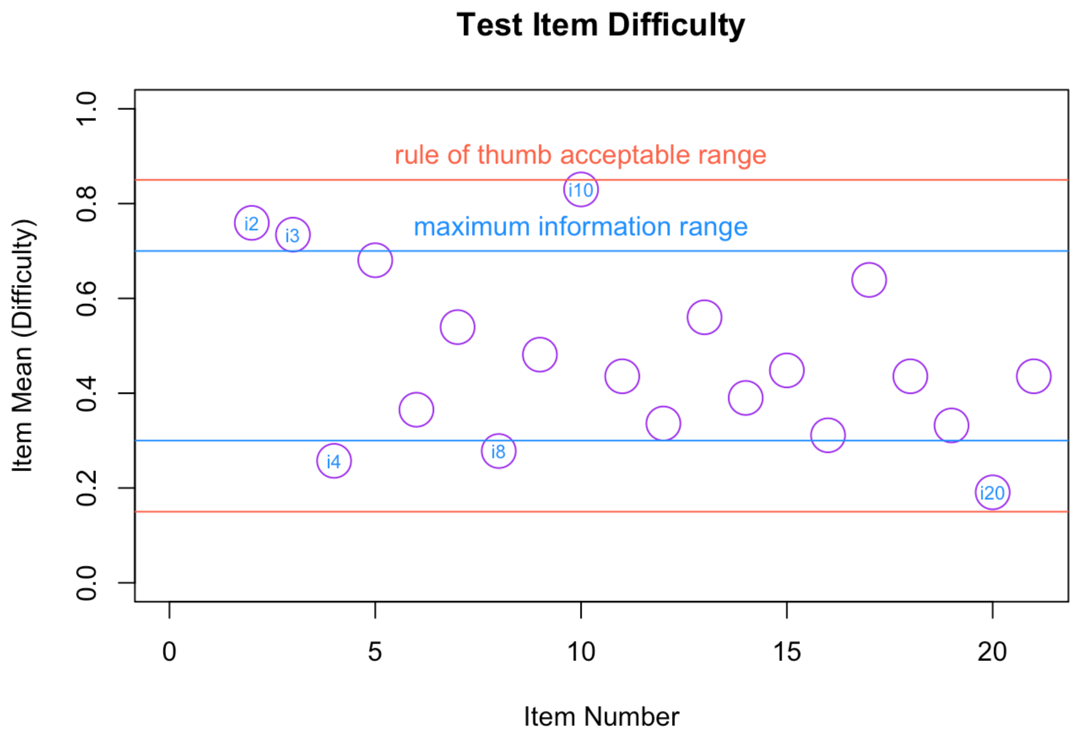
```
responses <- myScores
item.analysis <-
  function(responses){
    # CRITICAL VALUES
    cvpb = 0.20
    cvdl = 0.15
    cvdu = 0.85

    require(CTT, warn.conflicts = FALSE, quietly = TRUE)
    (ctt.analysis <- CTT::reliability(responses, itemal = TRUE, NA.Delete = TRUE))

    # Mark items that are potentially problematic
    item.analysis <- data.frame(item = seq(1:ctt.analysis$nItem),
                                r.pbis = ctt.analysis$pBis,
                                bis = ctt.analysis$bis,
                                item.mean = ctt.analysis$itemMean,
                                alpha.del = ctt.analysis$alphaIfDeleted)

    # code provided by Dr. Gordon Brooks
    if (TRUE) {
      item.analysis$check <-
        ifelse(item.analysis$r.pbis < cvpb |
               item.analysis$item.mean < cvdl |
               item.analysis$item.mean > cvdu, "‡", "")
    }

    return(item.analysis)
  }

dump("item.analysis", file = "item.analysis.R")

knitr::kable(item.analysis(myScore),
             align = "c",
             caption = "Item Analysis")
```

Item Analysis

	item	r.pbis	bis	item.mean	alpha.del	check
score	1	1.0000000	1.0087979	9.4398340	0.5395239	‡
scored.1	2	0.1860210	0.2737047	0.7593361	0.6541133	‡
scored.2	3	0.1773739	0.2420260	0.7344398	0.6545049	‡
scored.3	4	0.1241358	0.1679061	0.2572614	0.6576259	‡
scored.4	5	0.1375860	0.1839489	0.6804979	0.6568143	‡
scored.5	6	0.1916437	0.2420060	0.3651452	0.6533440	‡
scored.6	7	0.4395083	0.5566908	0.5394191	0.6363511	
scored.7	8	0.1453049	0.1912416	0.2780083	0.6563727	‡
scored.8	9	0.1948749	0.2438010	0.4813278	0.6530025	‡
scored.9	10	0.2135278	0.3144025	0.8298755	0.6532307	
scored.10	11	0.0399229	0.0502750	0.4356846	0.6631850	‡
scored.11	12	0.2475007	0.3136740	0.3360996	0.6498682	
scored.12	13	0.2107526	0.2683077	0.5601660	0.6519692	
scored.13	14	0.3098228	0.3930337	0.3900415	0.6455139	
scored.14	15	0.2942469	0.3645838	0.4481328	0.6463482	
scored.15	16	0.2702984	0.3524129	0.3112033	0.6485876	
scored.16	17	0.4081455	0.5385081	0.6390041	0.6392033	
scored.17	18	0.5278909	0.6618834	0.4356846	0.6303082	
scored.18	19	0.4688541	0.5905515	0.3319502	0.6355863	
scored.19	20	0.1612577	0.2224488	0.1908714	0.6557272	‡
scored.20	21	0.1885263	0.2367608	0.4356846	0.6534506	‡

İkinci baxacağımız funksiya tapşırığın çətinlik dərəcəsini hesablayır və tapşırıqları çətinliklərinə görə müəyyən məqbul zolağı verməklə təqdim edir.

```
item.difficulty <-
  function(responses){
    # CRITICAL VALUES
    cvpb = 0.20
    cvdl = 0.15
    cvdu = 0.85

    require(CTT, warn.conflicts = FALSE, quietly = TRUE)
    ctt.analysis <- CTT::reliability(responses, itemal = TRUE, NA.Delete = TRUE)

    test_difficulty <- data.frame(item = 1:ctt.analysis$nItem ,
                                  difficulty = ctt.analysis$itemMean)

    plot(test_difficulty,
         main = "Test Item Difficulty",
         type = "p",
         pch = 1,
         cex = 2.8,
         col = "purple",
         ylab = "Item Mean (Difficulty)",
         xlab = "Item Number",
         ylim = c(0, 1),
         xlim = c(0, ctt.analysis$nItem))

    abline(h = cvdl, col = "tomato")
    abline(h = cvdu, col = "tomato")

    abline(h = .3, col = "dodgerblue")
    abline(h = .7, col = "dodgerblue")

    text(diff(range(test_difficulty[, 1]))/2, 0.7,
         "maximum information range",
         col = "dodger blue",
         pos = 3)

    text(diff(range(test_difficulty[, 1]))/2, cvdu,
         "rule of thumb acceptable range",
         col = "tomato",
         pos = 3)

    outlier <- data.matrix(subset(cbind(test_difficulty[, 1], test_difficulty[, 2]),
                                  subset = (test_difficulty[, 2] < cvdl |
                                            test_difficulty[, 2] > cvdu)))

    text(outlier, paste("i", outlier[,1], sep = ""), col = "red", cex = .7)

    outlier2 <- data.matrix(subset(cbind(test_difficulty[, 1],
                                         test_difficulty[, 2]),
                                   subset = ((test_difficulty[, 2] > cvdl &
                                               test_difficulty[, 2] < .3) |
                                              (test_difficulty[, 2] < cvdu &
                                               test_difficulty[, 2] > .7))))

    text(outlier2, paste("i", outlier2[,1], sep = ""),
         col = "dodgerblue",
         cex = .7)

    return(test_difficulty[order(test_difficulty$difficulty),])
  }

dump("item.difficulty", file = "item.difficulty.R")

item.difficulty(myScore)
```

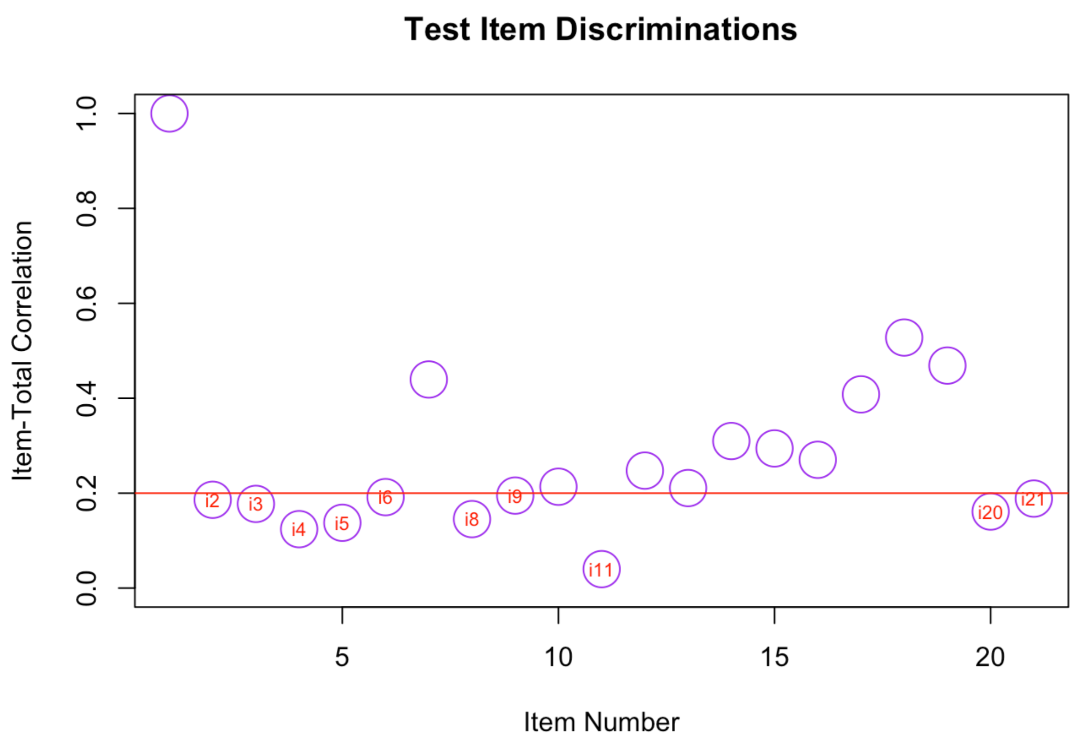


	item <int>	difficulty <dbl>
scored.19	20	0.1908714
scored.3	4	0.2572614
scored.7	8	0.2780083
scored.15	16	0.3112033
scored.18	19	0.3319502
scored.11	12	0.3360996
scored.5	6	0.3651452
scored.13	14	0.3900415
scored.10	11	0.4356846
scored.17	18	0.4356846

1-10 of 21 rows Previous **1** 2 3 Next

Üçüncü baxacağımız funksiya tapşırığın ayrıdetməsini hesablayır və tapşırıqları ayrıdetmələrinə görə müəyyən məqbul sərhəddi verməklə təqdim edir.

```
item.discrimination <-
  function(responses){
    # CRITICAL VALUES
    cvpb = 0.20
    cvdl = 0.15
    cvdu = 0.85

    require(CTT, warn.conflicts = FALSE, quietly = TRUE)
    ctt.analysis <- CTT::reliability(responses, itemal = TRUE, NA.Delete = TRUE)

    item.discrimination <- data.frame(item = 1:ctt.analysis$nItem ,
                                      discrimination = ctt.analysis$pBis)

    plot(item.discrimination,
         type = "p",
         pch = 1,
         cex = 3,
         col = "purple",
         ylab = "Item-Total Correlation",
         xlab = "Item Number",
         ylim = c(0, 1),
         main = "Test Item Discriminations")

    abline(h = cvpb, col = "red")

    outlier <- data.matrix(subset(item.discrimination,
                                  subset = (item.discrimination[, 2] < cvpb)))

    text(outlier, paste("i", outlier[,1], sep = ""), col = "red", cex = .7)

    return(item.discrimination[order(item.discrimination$discrimination),])
  }

dump("item.discrimination", file = "item.discrimination.R")

item.discrimination(myScore)
```



	item	discrimination
	<int>	<dbl>
11	11	0.03992288
4	4	0.12413582
5	5	0.13758603
8	8	0.14530492
20	20	0.16125767
3	3	0.17737395
2	2	0.18602103
21	21	0.18852627
6	6	0.19164371
9	9	0.19487493

1-10 of 21 rows Previous **1** 2 3 Next

Kronbax alfası hesablayan funksiya

```
responses <- myScore
cronbachs.alpha <-
  function(X){
    X <- data.matrix(X)
    n <- ncol(X) # Number of items
    k <- nrow(X) # Number of examinees
    # Cronbachs alpha
    alpha <- (n/(n - 1))*(1 - sum(apply(X, 2, var))/var(rowSums(X)))

    return(list("Crombach's alpha" = alpha,
                "Number of items" = n,
                "Number of examinees" = k))
  }

dump("cronbachs.alpha", file = "cronbachs.alpha.R")

# compute cronbachs alpha
cronbachs.alpha(responses)
```

```
## $`Crombach's alpha`
## [1] 0.6595438
##
## $`Number of items`
## [1] 21
##
## $`Number of examinees`
## [1] 241
```

Funksiya Kronbax alfasını, tapşırıqların sayını və iştirakçıların sayını verir. **dump** funksiyanı işlək papkaya yazır.

Kronbax alfası üçün aldığımız nəticəni yuxarıda CTT-paketi vasitəsilə aldığımız nəticə ilə tutuşdura bilərik

```r
# müqayisə
CTT::reliability(responses)
```

```
##
##  Number of Items
##  21
##
##  Number of Examinees
##  241
##
##  Coefficient Alpha
##  0.66
```

Kuder-Riçardson-20-ni(Kuder-Richardson formula 20 (KR20)) hesablayan funksiya

```r
# formula 20
KR20 <-
  function(X){
    X <- data.matrix(X)
    k <- ncol(X)
       # Person total score variances
    SX <- var(rowSums(X))

    # item means
    IM <- colMeans(X)

    return(((k/(k - 1))*((SX - sum(IM*(1 - IM)))/SX)))
  }

dump("KR20", file = "KR20.R")
KR20(responses)
```

```
## [1] 3.24482
```

Kuder-Riçardson-21-i (Kuder-Richardson formula 21 (KR21)) hesablayan funksiya

```r
# Kuder-Richardson formula 21
KR21 <-
  function(X){
    X <- data.matrix(X)
    n <- ncol(X)

    return((n/(n-1))*((var(rowSums(X)) - n*(sum(colMeans(X))/n) *
                         (1-(sum(colMeans(X))/n))))/var(rowSums(X)))
  }

dump("KR21", file = "KR21.R")

KR21(responses)
```

```
## [1] 0.9944366
```

Spirman-Broun düsturu (Spearman-Brown formula)

```
# Spearman–Brown formula
SpearmanBrown <-
  function(x, n1, n2){
    source("cronbachs.alpha.R")

    x <- as.matrix(x)
    N <- n2/n1

    # cronbach's alpha for the original test
    alpha <- cronbachs.alpha(x)[[1]]
    predicted.alpha <- N * alpha / (1 + (N - 1) * alpha)
    return(list(original.reliability = alpha,
                original.sample.size = n1,
                predicted.reliability = predicted.alpha,
                predicted.sample.size = n2))
  }

dump("SpearmanBrown", file = "SpearmanBrown.R")

# predict reliability by Spearman–Brown formula
# if the number of items is reduced from 25 to 15
SpearmanBrown(responses, n1 = 25, n2 = 15)
```

```
## $original.reliability
## [1] 0.6595438
##
## $original.sample.size
## [1] 25
##
## $predicted.reliability
## [1] 0.5375383
##
## $predicted.sample.size
## [1] 15
```

Tapşırıqların sayı 25-dən 35-ə qədər artırıldıqda Spirman-Broun düsturu

```
SpearmanBrown(responses, n1 = 25, n2 = 35)
```

```
## $original.reliability
## [1] 0.6595438
##
## $original.sample.size
## [1] 25
##
## $predicted.reliability
## [1] 0.7306128
##
## $predicted.sample.size
## [1] 35
```

Ölçmənin standart səhvi (Standard Error of Measurement)

```
SEM <-
  function(X){
    source("cronbachs.alpha.R")
    X <- data.matrix(X)

    return(sd(rowSums(X)) * sqrt(1 - cronbachs.alpha(X)[[1]]))
  }
SEM(responses)
```

```
## [1] 3.502034
```

Həqiqi bal üçün güvən intervalı (Confidence Intervals for True Scores)

```
# 90% confidence interval for the true score
head(cbind(lower_bound = round(rowSums(responses)-1.65* sd(rowSums(responses))*
                         sqrt(1-KR20(responses)), 2), observed = rowSums(responses),
           upper_bound = round(rowSums(responses)+1.65* sd(rowSums(responses))*
                         sqrt(1-KR20(responses)), 2)), 20)
```

```
## Warning in sqrt(1 - KR20(responses)): NaNs produced
## Warning in sqrt(1 - KR20(responses)): NaNs produced
```

```
##     lower_bound observed upper_bound
## P1          NaN       18         NaN
## P2          NaN       12         NaN
## P3          NaN       26         NaN
## P4          NaN       18         NaN
## P5          NaN       28         NaN
## P6          NaN       24         NaN
## P7          NaN       14         NaN
## P8          NaN       18         NaN
## P9          NaN       16         NaN
## P10         NaN       22         NaN
## P11         NaN       12         NaN
## P12         NaN       16         NaN
## P13         NaN       10         NaN
## P14         NaN       26         NaN
## P15         NaN       16         NaN
## P16         NaN       10         NaN
## P17         NaN       30         NaN
## P18         NaN       16         NaN
## P19         NaN       20         NaN
## P20         NaN       26         NaN
```

Asan, orta və çətin səviyyəli testlərin törədilməsi

```
library("epmr")
library("ggplot2")
library(irtoys)
library(psych)
library(lsasim)
```

Test nəticələrinin analizini aparmaq, müxtəlif səviyyəli testlərin nəticələrinin müqayisəli təhlilinə baxmaq üçün bizdə müxtəlif səviyyəli testlərin nəticələri olmalıdır. Bu məqsədlə biz, müxtəlif səviyyəli testlərin nəticələrini törədirik. Müxtəlif səviyyəli testlərin törədilməsi, tapşırıqların çətinlik dərəcələrinin müxtəlif səviyyələrdə seçilməsi ilə nail olunur.

Aşağıdakı kod çəngində biz 3 parametrli Birnbaum modelindən istifadə edərək Asan səviyyəli test törətmişik. Testin asanlığına sualların çətinlik dərəcəsinin (-2;0)-logit intervalında dəyişməsilə nail olunur. Biz Müasir Test Nəzəriyyəsi (İtem Respons Theory) ilə tanış olmadığımızdan bu kodların şərhini vermirik.

Asan səviyyəli testin törədilməsi

```
Asan_3PL <- lsasim::item_gen(n_3pl = 40, b_bounds = c(-2, 0),
                             a_bounds = c(.75, 1.25), c_bounds = c(0, .25))

Asan_3PL_Tapş <- as.matrix(cbind(alpha = Asan_3PL$a,
                                  delta = Asan_3PL$b,
                                  chi = Asan_3PL$c))
set.seed(1954)
Asan_data_3PL <- irtoys::sim(ip = Asan_3PL_Tapş, x = rnorm(1000,0,1))
colnames(Asan_data_3PL) <- paste0("Tapsh", "-",1:40)
rownames(Asan_data_3PL) <- paste0("Ish", "-",1:1000)

head(Asan_data_3PL,4)
```

```
##       Tapsh-1 Tapsh-2 Tapsh-3 Tapsh-4 Tapsh-5 Tapsh-6 Tapsh-7 Tapsh-8 Tapsh-9
## Ish-1       1       0       0       1       1       1       0       1       1
## Ish-2       1       0       1       1       1       1       1       0       1
## Ish-3       1       1       1       0       1       1       1       0       1
## Ish-4       1       1       1       0       1       1       1       1       1
##       Tapsh-10 Tapsh-11 Tapsh-12 Tapsh-13 Tapsh-14 Tapsh-15 Tapsh-16 Tapsh-17
## Ish-1        1        0        1        0        1        1        1        1
## Ish-2        0        1        1        0        1        1        1        0
## Ish-3        1        1        1        0        0        1        1        1
## Ish-4        1        1        1        1        1        0        1        1
##       Tapsh-18 Tapsh-19 Tapsh-20 Tapsh-21 Tapsh-22 Tapsh-23 Tapsh-24 Tapsh-25
## Ish-1        1        1        1        1        1        1        1        1
## Ish-2        0        1        1        1        0        0        1        1
## Ish-3        1        1        1        1        1        1        1        1
## Ish-4        1        1        1        0        1        1        1        1
##       Tapsh-26 Tapsh-27 Tapsh-28 Tapsh-29 Tapsh-30 Tapsh-31 Tapsh-32 Tapsh-33
## Ish-1        1        0        1        1        1        0        0        1
## Ish-2        1        1        0        1        1        1        1        1
## Ish-3        1        1        1        1        1        0        1        1
## Ish-4        1        1        1        1        1        1        1        1
##       Tapsh-34 Tapsh-35 Tapsh-36 Tapsh-37 Tapsh-38 Tapsh-39 Tapsh-40
## Ish-1        0        0        1        0        1        1        1
## Ish-2        1        0        1        1        1        1        0
## Ish-3        0        1        1        1        1        0        1
## Ish-4        1        1        1        0        1        1        1
```

```
describe(Asan_data_3PL)
```

	vars <int>	n <dbl>	mean <dbl>	sd <dbl>	median <dbl>	trimmed <dbl>	m... <dbl>	min <dbl>	m... <dbl>
Tapsh-1	1	1000	0.625	0.4843652	1	0.65625	0	0	1
Tapsh-2	2	1000	0.525	0.4996245	1	0.53125	0	0	1
Tapsh-3	3	1000	0.570	0.4953235	1	0.58750	0	0	1
Tapsh-4	4	1000	0.678	0.4674768	1	0.72250	0	0	1
Tapsh-5	5	1000	0.828	0.3775693	1	0.91000	0	0	1
Tapsh-6	6	1000	0.735	0.4415540	1	0.79375	0	0	1
Tapsh-7	7	1000	0.594	0.4913302	1	0.61750	0	0	1
Tapsh-8	8	1000	0.707	0.4553662	1	0.75875	0	0	1

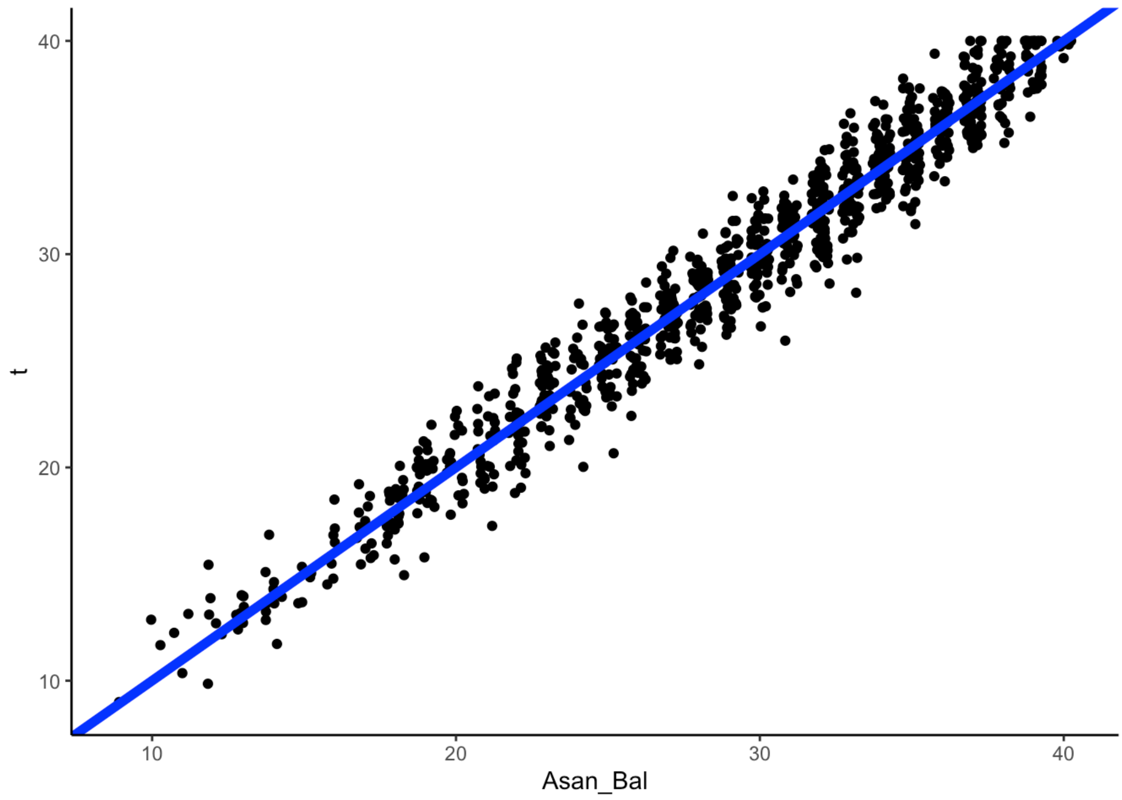
	vars	n	mean	sd	median	trimmed	m...	min	m...
	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Tapsh-9	9	1000	0.764	0.4248347	1	0.83000	0	0	1
Tapsh-10	10	1000	0.593	0.4915207	1	0.61625	0	0	1

1-10 of 40 rows | 1-10 of 14 columns Previous **1** 2 3 4 Next

```
## write.csv(Asan_data_3PL, file = "Asan.csv", row.names = FALSE)
```

Asan səviyyəli testin cəm ballarının paylanması.

```
Asan_Bal <- rowSums(Asan_data_3PL)
escores <- rnorm(length(Asan_Bal), 0, 1.4)
tscores <- setrange(Asan_Bal - escores, y = Asan_Bal)

Asan_scores <- data.frame(x1 = Asan_Bal, t = tscores,
                      e = escores)
P_asan <- ggplot(Asan_scores, aes(Asan_Bal, t)) +
  geom_point(position = position_jitter(w = .3)) +
  geom_abline(col = "blue",lwd =2)
P_asan
```



Orta səviyyəli testin törədilməsi

```
Orta_3PL <- lsasim::item_gen(n_3pl = 40, b_bounds = c(-1, 1),
                             a_bounds = c(.75, 1.25), c_bounds = c(0, .25))
Orta_3PL_Tapş <- as.matrix(cbind(alpha = Orta_3PL$a,
                                 delta = Orta_3PL$b,
                                 chi = Orta_3PL$c))
set.seed(1954)
Orta_data_3PL <- irtoys::sim(ip = Orta_3PL_Tapş, x = rnorm(1000,0,1))
colnames(Orta_data_3PL) <- paste0("Tapsh", "-",1:40)
rownames(Orta_data_3PL) <- paste0("Ish", "-",1:1000)

head(Orta_data_3PL,4)
```

```
##       Tapsh-1 Tapsh-2 Tapsh-3 Tapsh-4 Tapsh-5 Tapsh-6 Tapsh-7 Tapsh-8 Tapsh-9
## Ish-1       1       0       0       1       1       1       1       1       1
## Ish-2       1       0       0       1       1       1       1       0       1
## Ish-3       1       1       1       0       1       1       1       0       1
## Ish-4       1       0       1       0       1       1       1       1       1
##       Tapsh-10 Tapsh-11 Tapsh-12 Tapsh-13 Tapsh-14 Tapsh-15 Tapsh-16 Tapsh-17
## Ish-1        1        0        1        0        1        1        1        1
## Ish-2        0        1        0        0        1        0        1        0
## Ish-3        1        1        0        0        0        1        0        1
## Ish-4        1        1        1        0        1        0        1        0
##       Tapsh-18 Tapsh-19 Tapsh-20 Tapsh-21 Tapsh-22 Tapsh-23 Tapsh-24 Tapsh-25
## Ish-1        0        0        1        0        1        0        1        1
## Ish-2        0        0        0        0        0        0        0        0
## Ish-3        0        1        1        1        1        1        0        0
## Ish-4        0        1        1        0        1        1        1        1
##       Tapsh-26 Tapsh-27 Tapsh-28 Tapsh-29 Tapsh-30 Tapsh-31 Tapsh-32 Tapsh-33
## Ish-1        1        0        0        1        1        0        0        1
## Ish-2        1        1        0        1        1        0        0        1
## Ish-3        1        1        0        1        0        0        1        0
## Ish-4        1        1        1        1        1        0        1        1
##       Tapsh-34 Tapsh-35 Tapsh-36 Tapsh-37 Tapsh-38 Tapsh-39 Tapsh-40
## Ish-1        0        0        1        0        1        1        0
## Ish-2        1        0        1        0        1        1        0
## Ish-3        1        1        1        1        0        0        1
## Ish-4        1        1        1        0        1        0        1
```

```
describe(Orta_data_3PL)
```

	vars	n	mean	sd	median	trimmed	m...	min	m...
	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Tapsh-1	1	1000	0.713	0.4525879	1	0.76625	0	0	1
Tapsh-2	2	1000	0.403	0.4907462	0	0.37875	0	0	1
Tapsh-3	3	1000	0.489	0.5001291	0	0.48625	0	0	1
Tapsh-4	4	1000	0.638	0.4808193	1	0.67250	0	0	1
Tapsh-5	5	1000	0.611	0.4877673	1	0.63875	0	0	1
Tapsh-6	6	1000	0.728	0.4452125	1	0.78500	0	0	1
Tapsh-7	7	1000	0.680	0.4667096	1	0.72500	0	0	1
Tapsh-8	8	1000	0.687	0.4639464	1	0.73375	0	0	1
Tapsh-9	9	1000	0.569	0.4954639	1	0.58625	0	0	1

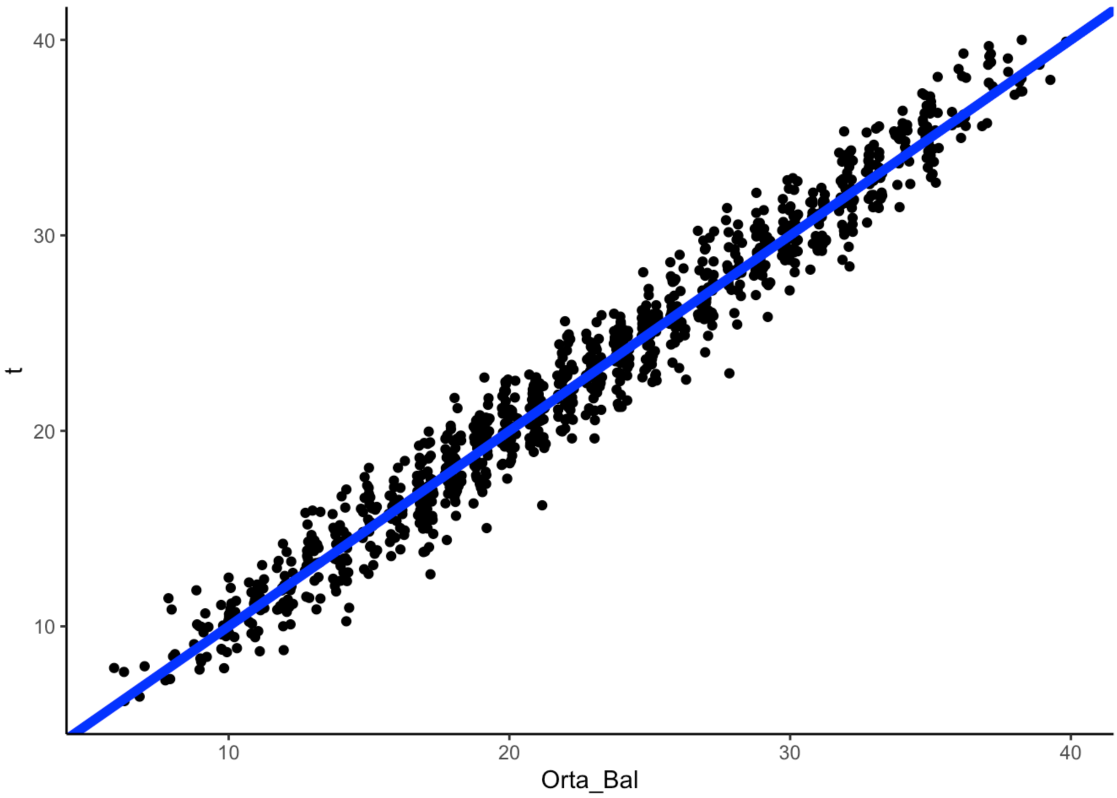
	vars	n	mean	sd	median	trimmed	m...	min	m...
	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Tapsh-10	10	1000	0.668	0.4711666	1	0.71000	0	0	1

1-10 of 40 rows | 1-10 of 14 columns Previous **1** 2 3 4 Next

```
## write.csv(Orta_data_3PL, file = "Orta.csv", row.names = FALSE)
```

Orta səviyyəli testin cəm ballarının paylanması.

```
## Combine in a data frame and create a scatterplot
Orta_Bal <- rowSums(Orta_data_3PL)
escores <- rnorm(length(Orta_Bal), 0, 1.4)
tscores <- setrange(Orta_Bal - escores, y = Orta_Bal)

Orta_scores <- data.frame(x1 = Orta_Bal, t = tscores,
                          e = escores)
P_orta <- ggplot(Orta_scores, aes(Orta_Bal, t)) +
  geom_point(position = position_jitter(w = .3)) +
  geom_abline(col = "blue",lwd =2)
P_orta
```



Çətin testin törədilməsi

```
Çətin_3PL <- lsasim::item_gen(n_3pl = 40, b_bounds = c(0, 2),
                              a_bounds = c(.75, 1.25), c_bounds = c(0, .25))
Çətin_3PL_Tapş <- as.matrix(cbind(alpha = Çətin_3PL$a,
                                  delta = Çətin_3PL$b,
                                  chi = Çətin_3PL$c))
set.seed(1954)

Çətin_data_3PL <- irtoys::sim(ip = Çətin_3PL_Tapş, x = rnorm(1000,0,1))
colnames(Çətin_data_3PL) <- paste0("Tapsh", "-",1:40)
rownames(Çətin_data_3PL) <- paste0("Ish", "-",1:1000)

head(Çətin_data_3PL,4)
```

```
##       Tapsh-1 Tapsh-2 Tapsh-3 Tapsh-4 Tapsh-5 Tapsh-6 Tapsh-7 Tapsh-8 Tapsh-9
## Ish-1       1       0       0       0       1       1       0       0       0
## Ish-2       1       0       0       0       0       0       1       0       1
## Ish-3       1       0       0       0       0       0       1       0       1
## Ish-4       1       0       1       0       1       1       1       1       1
##       Tapsh-10 Tapsh-11 Tapsh-12 Tapsh-13 Tapsh-14 Tapsh-15 Tapsh-16 Tapsh-17
## Ish-1        0        0        1        0        1        1        0        0
## Ish-2        0        1        0        0        0        0        0        0
## Ish-3        1        1        0        0        0        1        0        1
## Ish-4        1        1        1        0        1        0        1        0
##       Tapsh-18 Tapsh-19 Tapsh-20 Tapsh-21 Tapsh-22 Tapsh-23 Tapsh-24 Tapsh-25
## Ish-1        0        0        0        0        1        0        0        0
## Ish-2        0        0        0        0        0        0        0        0
## Ish-3        0        1        1        1        1        1        0        0
## Ish-4        0        1        1        0        1        1        1        0
##       Tapsh-26 Tapsh-27 Tapsh-28 Tapsh-29 Tapsh-30 Tapsh-31 Tapsh-32 Tapsh-33
## Ish-1        1        0        0        0        0        0        0        1
## Ish-2        1        1        0        1        1        0        0        1
## Ish-3        1        1        0        1        0        0        0        0
## Ish-4        1        0        0        0        0        0        1        1
##       Tapsh-34 Tapsh-35 Tapsh-36 Tapsh-37 Tapsh-38 Tapsh-39 Tapsh-40
## Ish-1        0        0        1        0        0        0        0
## Ish-2        1        0        1        0        0        1        0
## Ish-3        0        1        1        0        0        0        0
## Ish-4        1        1        0        0        1        0        1
```

```
describe(Çətin_data_3PL)
```

	vars <int>	n <dbl>	mean <dbl>	sd <dbl>	median <dbl>	trimmed <dbl>	m... <dbl>	min <dbl>	m... <dbl>
Tapsh-1	1	1000	0.584	0.4931401	1	0.60500	0	0	1
Tapsh-2	2	1000	0.235	0.4242110	0	0.16875	0	0	1
Tapsh-3	3	1000	0.337	0.4729214	0	0.29625	0	0	1
Tapsh-4	4	1000	0.521	0.4998088	1	0.52625	0	0	1
Tapsh-5	5	1000	0.439	0.4965134	0	0.42375	0	0	1
Tapsh-6	6	1000	0.543	0.4983968	1	0.55375	0	0	1
Tapsh-7	7	1000	0.553	0.4974318	1	0.56625	0	0	1
Tapsh-8	8	1000	0.508	0.5001862	1	0.51000	0	0	1

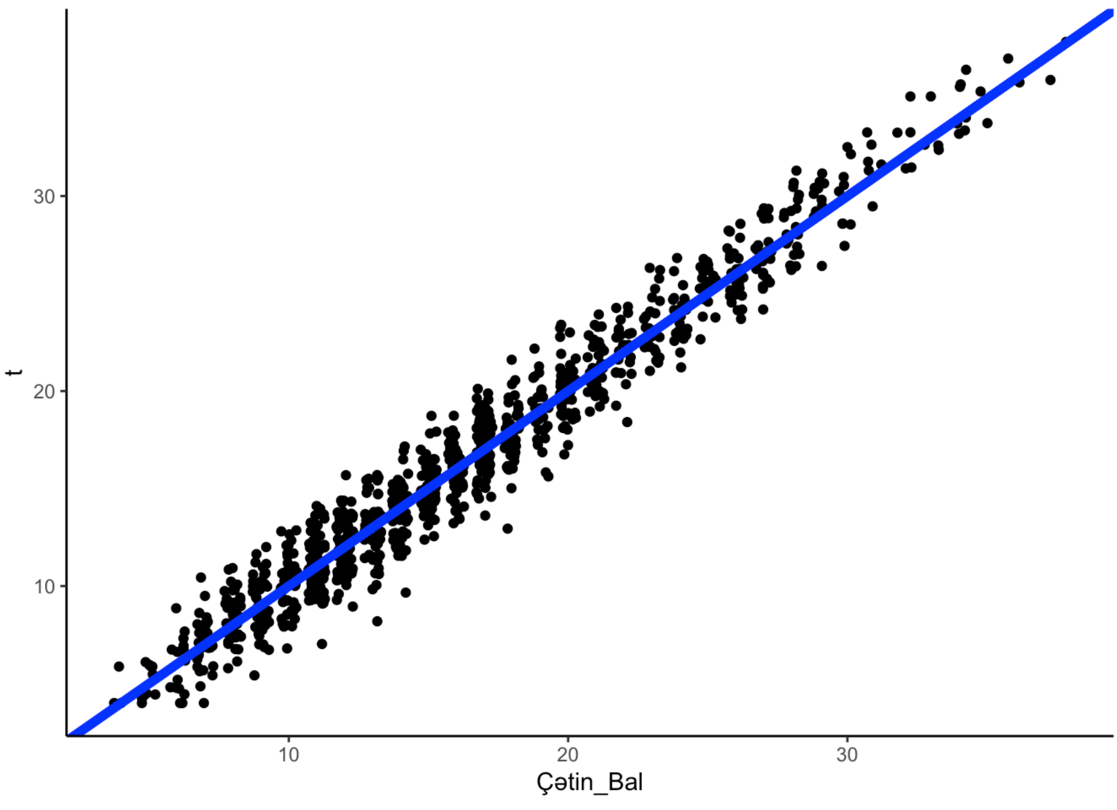
	vars	n	mean	sd	median	trimmed	m...	min	m...
	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
Tapsh-9	9	1000	0.395	0.4890953	0	0.36875	0	0	1
Tapsh-10	10	1000	0.496	0.5002342	0	0.49500	0	0	1

1-10 of 40 rows | 1-10 of 14 columns Previous **1** 2 3 4 Next

```
## write.csv(Çətin_data_3PL, file = "Çətin.csv", row.names = FALSE)
```

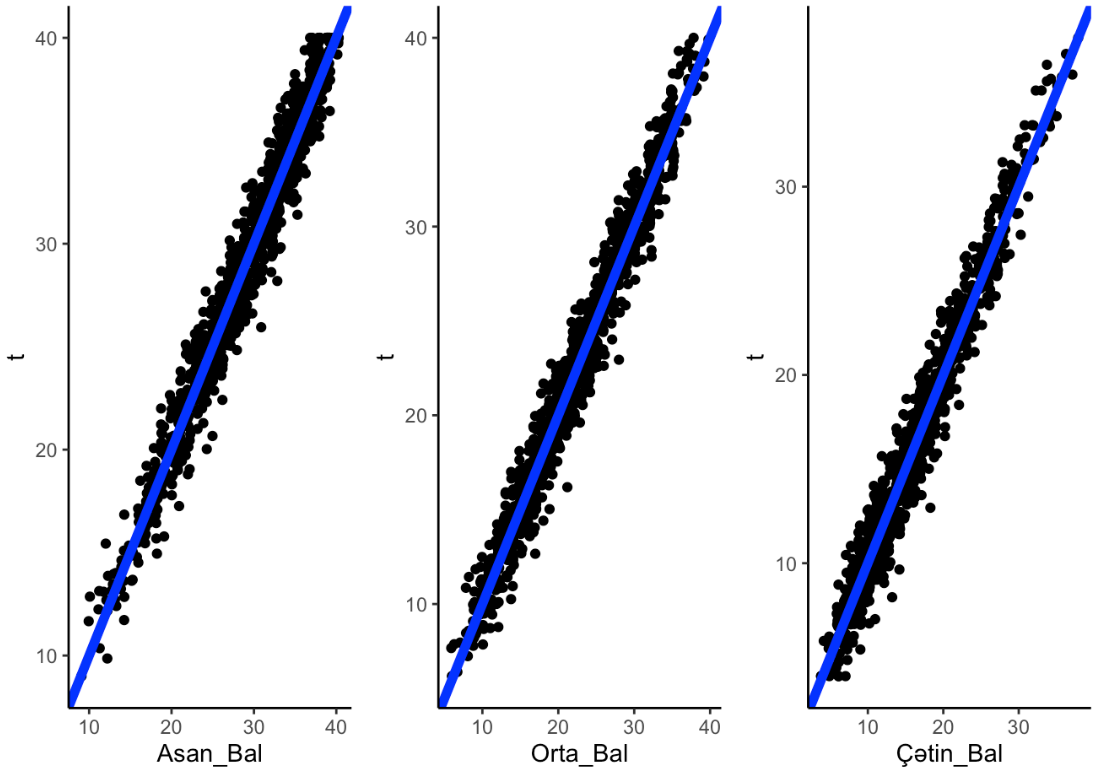
Çətin testin cəm ballarının paylanmasını nümayişi.

```
### Combine in a data frame and create a scatterplot
Çətin_Bal <- rowSums(Çətin_data_3PL)
escores <- rnorm(length(Çətin_Bal), 0, 1.4)
tscores <- setrange(Çətin_Bal - escores, y = Çətin_Bal)

Çətin_scores <- data.frame(x1 = Çətin_Bal, t = tscores,
                          e = escores)
P_çətin <- ggplot(Çətin_scores, aes(Çətin_Bal, t)) +
  geom_point(position = position_jitter(w = .3)) +
  geom_abline(col = "blue",lwd =2)
P_çətin
```



Hər üç səviyyəli testin cəm ballarının paylanmasının bir yerdə verilməsi

```
library(patchwork)
P_asan + P_orta + P_çətin
```



Bu üç müxtəlif səviyyəli testlərin cəm ballarının paylanma qrafiklərinin bir yerdə verilməsində məqsəd, onların müqayisə olunabilməsini asanlaşdırmaqdır. Doğurdan da soldan birinci qrafik asan testin cəm ballarının paylanmasına aiddir. Burada qrafikdən göründüyü kimi, balların sıxlığı şkalanın sonuna yaxın hissədə daha çoxdur. Yəni, test nisbətən asan olduğundan iştirakçılar daha çox yüksək ballar alıblar.

Qalan qrafiklərdə orta səviyyəli testdə balların sıxlığı şkalanın ortasında, çətin testdə isə şkalanın aşağı hissəsində daha çoxdur. Başqa sözlə, törədilən testlərin cəm ballarının paylanması adlarına münasibdir.

İstifadə olunan mənbələr

https://rpubs.com/castro/ctt (https://rpubs.com/castro/ctt)

https://rpubs.com/Tarid/CTT (https://rpubs.com/Tarid/CTT)

https://cran.r-project.org/web/packages/CTT/CTT.pdf (https://cran.r-project.org/web/packages/CTT/CTT.pdf)

http://cran.auckland.ac.nz/web/packages/itemanalysis/itemanalysis.pdf (http://cran.auckland.ac.nz/web/packages/itemanalysis/itemanalysis.pdf)

"Introduction to Educational and Psychological Measurement Using R.html"

"Handbook of Educational Measurement and Psychometrics Using R By Christopher D. Desjardins, Okan Bulut"