Arith. Mittel	$\overline{x}$	Kovarianz	C_{XY}
Median	$\widetilde{x}$	Korrelation	r_{XY}
Varianz	σ^2	Chi Quadrat	χ^2
SDA	σ	KontingenzK	K
Sample Var.	S^2	Sample SDA	S
Bestimmtheit	R^2	Korrig. K	K^*
Adj. Best.	R_a^2	Erwartungswert	$E(X)$

1 B. Statistik

- Qualitative Merkmale:
  - Variieren nach Beschaffenheit
  - Bspw. Geschlecht
- Quantitative Merkmale:
  - Variieren nach Wert/Zahlen
  - Bspw. Alter, Einkommen
- Diskrete Merkmale:
  - abgestufte Werte
  - Bspw. Einkommensklasse
- Stetige Merkmale:
  - können im Intervall jeden reellen Wert annehmen
  - Bspw. Körpergröße

Skalenniveaus

- Nominal
  - nur Gleichheit oder Andersartigkeit feststellbar (keine Bewertung)
  - stets qualitativ (Religion, Beruf etc.)
- Ordinal
  - natürliche oder festzulegende Rangfolge
  - IQ, Schulnoten
- Kardinal/Metrisch
  - numerischer Art
  - Ausprägung und Unterschied sind messbar
  - verhältnisskaliert (Absoluter Nullpunkt vorhanden; Gewicht, Preis (Doppelt so viel.))
  - intervallskaliert (Kein Nullpunkt, nur Differenzen; Temperatur, GebJahr (10 Grad wärmer als gestern))

Werte

- Arithmetisches Mittel $\overline{x}$
  - $\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_i = \frac{a_1+a_2+\cdots+a_n}{n}$
  - Nur auf kardinale Merkmale
  - Summe aller Abweichungen vom Mittel = 0
  - Verschiebung um kostanten Wert a $a+\overline{x}$
  - Multiplikation mit konstantem Wert $a\cdot\overline{x}$
  - Auch als gewichtetes arth. Mittel mit den relativen Häufigkeiten
- Median $\widetilde{x}$
  - Mittleres Element der geordneten Liste
  - Bei gerader Anzahl, Durchschnitt der mittleren Elemente
  - Ordinal und Kardinale Merkmale
- Modus
- - Meist auftretendes Element
  - Alle Skalenniveaus
- Quartile (sortieren & ablesen)
  - Unteres Quartil $\widetilde{x}_{0,25}$
  - Oberes Quartil $\widetilde{x}_{0,75}$
  - GENAU 25% der Werte
- Varianz σ^2
  - Populations Varianz $\sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i-\mu)^2$
  - Sample Varianz $S_{n-1}^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2$
  - Altn. Formel $\sigma^2 = \overline{x^2} - \overline{x}^2$
  - Eigenschaften:
    - Immer ≥ 0
    - Addition mit a, Varianz unverändert
    - Multiplikation mit b, $Varianz * b^2$
- Standardabweichung σ
  - $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$
  - StichprobenSDA $S = \sqrt{S_{n-1}^2}$
- (Inter-) Quartilsabstand $\widetilde{x}_{0,75} - \widetilde{x}_{0,25}$

Zweidimensionale Häuffigkeitstabellen

- Statistische Variablen X und Y mit versch.Auspräungen
- Spaltensummen sowie Zeilensummen = n
- Relative Häufigkeit $h_{ij} = \frac{n_{ij}}{n}$
- Randverteilung = Betrachtung einer einzigen Variable
- $Z = X + Y$; $\overline{z} = \overline{x} + \overline{y}$;

Kovarianz

- Arithmetisches Mittel des Produkts der Abweichung der einzelnen Beobachtungen von ihrem Mittel
- $C_{XY} := \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(x_j-\overline{x})(y_j-\overline{y}) = \overline{xy} - \overline{x} * \overline{y}$
- $C_{XY} > 0$ "große X-Werte zu großen Y-Werten"
- $C_{XY} < 0$ "große Werte zu kleine Werten"
- Sind zwei Variablen statistisch unabhängig ist die Kovarianz = 0

Korrelation

- Normal (Pearson) $r_{XY} = \frac{C_{XY}}{\sigma_x * \sigma_y}$
  - normiertes Maß für Strenge des linearen statistischen Zusammenhangs
  - r_{XY} hat das gleiche Vorzeichen wie C_{XY}
  - Bleibt unverändert bei linearer Transformation
  - $r_{XY} = r_{YX}$
  - $-1 \leq r_{XY} \leq +1$
- Rangkorrelation (Spearman) $r_{XY}^{Sp} = r_{rg(X),rg(Y)}$
  - für ordinale Variablen
  - misst linearen & monotonen Zusammenhangs
  - Ist unempfindlich gegenüber Ausreißern
  - Ränge müssen vorher berechnet werden
  - Berechnung mit TR über Ränge
  - $-1 \leq r_{XY}^{Sp} \leq +1$
- Kovarianz und Korrelation bedeuten nicht zwangsweise eine kausale Beziehung!

Kontingenzkoeffizient

- beschreibt die Stärke des Zusammenhangs zweier Merkmale, nicht deren Richtung
- Nur für nominale und ordinale Merkmale
- Chi-Quadrat $QK = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{l}\frac{(n_{ji}-E_{ij})^2}{E_{ij}}$
  - $E_{ij} = \frac{1}{n} * n_i * n_j = \frac{1}{n} n(x_i) * n(y_j)$
  - Siehe Erweiterte Kontingeztabelle
  - X und Y unabhängig: $QK = 0$
  - Sonst $QK > 0$
  - Für 2x2 Matrix: $QK = \frac{n(ad-bc)^2}{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)}$
  - a bis d sind Inhalte der Tabelle, Summen sind Randhäufigkeiten
- Kontingenzkoeffizient $K := \sqrt{\frac{QK}{QK+n}}$
  - normiertes Maß
  - X und Y unabhängig: $K = 0$
  - $0 \leq K \leq K_{max} = \sqrt{\frac{m-1}{m}} < 1$
  - m = Minimum von Zeilenzahl und Spaltenzahl
- Korrigierter K.-koeffizient $K^* := \frac{K}{K_{max}} = \sqrt{\frac{QK*m}{(QK+n)(m-1)}}$
- - $0 \leq K^* \leq 1$
  - Vergleichbar mit anderen K-Tabellen

2 Regression

- Lineare Regression $y(x) = a + bx$
  - $b = \frac{c_{XY}}{s_X^2}$ und $a = \overline{y} - b\overline{x}$
  - Interpret: b*x erhöht pro Einheit und a: Achsenabschnitt
  - Extrapolation (Punkte außerhalb der orig. Daten) nicht aussagekräftig
  - Regressionswerte = $\hat{y}_i = y(x_i)$
  - Residuen (Fehler) $e_i = y_i - \hat{y}_i$
- Andere Regressionen:
  - $\hat{y} = a + bx + cx^2$ Quadr. Regr.
  - $\hat{y} = a + x^b$ Potenzfunkt.
  - $\hat{y} = ab^x$ Expo-funkt.
- Meth. kleinste Quadrate
- Varianzzerlegung $SSQ_{Total} = SSQ_{Reg} + SSQ_{Resi}$
  - $SSQ_{Reg} = \sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \overline{y})^2$ (Abweichung von Vorhersage und Mittelwert)
  - $SSQ_{Total} = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2$ (Gesamtabweichung)
  - $SSQ_{Resi} = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2$ (Abweichung von Vorhersage und y)
- Bestimmtheitsmaß $R^2 = \frac{SSQ_{Reg}}{SSQ_{Total}} = \frac{S_{\hat{Y}}^2}{S_Y^2} = r^2$
  - r^2 gilt nicht für Quadr. Reg. !!!
  - Schlecht $0 \leq R^2 \leq 1$ Gut
  - $R^2 \geq 0.8$ akzeptabel
- Multiple Regr.
  - Y wird durch mehrere Variablen erklärt
  - $\hat{y} = a + b_1x_3 + b_2x_3 + b_3x_3$
- Adjustiertes Bestimmtheitsmaß $R_a^2 = R^2 - \frac{k}{n-k-1} * (1 - R^2)$
  - Hinzunahme von Params, erhöht den R^2 automatisch, auch wenn es nicht besser wird
  - $n = Anzahl der Messwerte$
  - $k = Anzahl der Reg. Params$

- R_a^2 kann auch kleiner/negativ werden – > Variable nicht aufnehmen
- Anmerkungen:
  - Residualplot: Gutes Modell, wenn kein Muster erkennbar!
  - Optimum finden: 1.Ableitung = 0 setzen
  - "Faktor Größe" hat nichts mit Einfluss zutun, nur bei standardisierten Daten

3 Wahrsch. Rech.

- Zufallsvariable $X : \Omega -> R\, mit\, X(\omega) = x$
  - Funktion, die jedem Möglichen Ergenis eine reelle Zahl zuordnet
  - Wahrscheinlichkeits-/ Dichtefunktion f : $P(X = x)$
  - Verteiteilungsfunktion $F : P(X \leq t)$
  - F ist Stammfunktion für f aber muss mit $+C$ angepasst werden
- Diskrete
  - $f : R -> [0,1]\, mit f(x) = P(X = x)$
  - $P(X = X)$ Wahrscheinlichkeit mit der X die Realisation x annimmt
  - $F(t) = P(X \leq t) = \sum_{x_i \leq t} P(X = x_i)$
- Stetige
  - Zufallsvariable ist stetig, wenn Wahrscheinlichkeit durch Dichtefunktion abbilden lässt
  - Dichtefunktion, wenn $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$ und $f(x) \geq 0$
  - $F(t) = P(X \leq t) = \int_{-\infty}^{t} f(x)dx$
- Erwartungswert
  - Diskret: $E(X) = \sum_{i=1}^{n} x_i * f(x_i)$
  - Stetig: $E(X) = \int_{x_{min}}^{x_{max}} x * f(x)dx$
- Varianz ($Var(X) = \sigma^2$) & SDA ($\sigma = \sqrt{\sigma^2}$)
  - Es gilt: $\sigma^2 = E((X - E(X))^2) = E(X^2) - (E(X))^2$
  - Diskret: $Var(X) = \sum_{i=1}^{n} (x_i - E(X))^2 * f(x_i)$
  - Stetig: $Var(X) = \int_{x_{min}}^{x_{max}} (x - E(X))^2 * f(x)dx$
- Rechenregeln
  - $E(a + b * X) = a + b * E(X)$
  - $Var(a + b * X) = b^2 * Var(X)$
  - $E(X + Y) = E(X) + E(Y)$
- Stichprobe:
  - Stichprobenmittel von unabhängigen Variablen $\overline{X} := \frac{1}{n}(X_1 + \ldots + X_n)$
  - $E(\overline{X}) = \mu$
  - SDA von $\overline{X}$ $\sigma_{\overline{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$
  - Wahrscheinlichkeit, dass etwas größer/kleiner bei Stichprobe n ist: Einfach Gaußtest.
- Normalverteilung
  - SD-normalverteilung mit $\mu = 0$ und $\sigma = 1$
  - z-Transformation $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$
- Zentr.Grenz.Satz: Für hinreichend großes n jeder Vertilung gilt $\overline{X}_n \tilde{N}(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$ "normalverteilt"

4 Schl. Statistik

Anmerkungen

- α meist 5% oder 1%
- "Mindestens" meint meist beidseitgen Test
- "Maximal" meint meist rechtsseitigen Test

Mittelwerttest

- GG ist norm. verteilt oder $n > 30$
- Stichprobenmittel $\overline{x}$ und ggf. Stichprobenvarianz s^2 bekannt
- Wenn nötig: Punktschätzung SDA: $\hat{\sigma}^2 = \frac{n}{n-1}s^2$
- σ der GG bekannt
  - $z = \sqrt{n}\frac{\overline{x}-\mu_0}{\sigma}$
  - – > Tabelle Norm.Verteilung
- σ der GG unbekannt
  - $t = \sqrt{n-1}\frac{\overline{x}-\mu_0}{s_n}$
  - > t Tabelle!
- Gleiches gilt für t-1

Seite:	H_0 behalten	H_0 verwerfen
Beide	$\lvert z \rvert \leq z[1-\alpha/2]$	$\lvert z \rvert > z[1-\alpha/2]$
Rechts	$z \leq z[1-\alpha]$	$z > z[1-\alpha]$
Links	$z \geq z[\alpha]$	$z < z[\alpha]$

Varianztest

- GG ist normalverteilt, α und σ_0 bekannt
- μ von GG. bekannt
- In der χ^2 Tabelle nachschlagen!
- – $t_n = \frac{1}{\sigma_0^2}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu)^2$
  - Siehe (II)
- μ von GG. unbekannt
  - $t_n = n * \frac{s_n^2}{\sigma_0^2}$
  - Siehe (III)

II

H_0	H_1	Krit.
$\sigma^2 = \sigma_0^2$	$\sigma^2 \neq \sigma_0^2$	$t_n < \chi_n^2[\alpha/2]$ $t_n > \chi_n^2[1-\alpha/2]$
$\sigma^2 \geq \sigma_0^2$	$\sigma^2 < \sigma_0^2$	$t_n < \chi_n^2[\alpha]$
$\sigma^2 \leq \sigma_0^2$	$\sigma^2 > \sigma_0^2$	$t_n > \chi_n^2[1-\alpha]$

III

H_0	H_1	Krit.
$\sigma^2 = \sigma_0^2$	$\sigma^2 \neq \sigma_0^2$	$t_n < \chi_{n-1}^2[\alpha/2]$ $t_n > \chi_{n-1}^2[1-\alpha/2]$
$\sigma^2 \geq \sigma_0^2$	$\sigma^2 < \sigma_0^2$	$t_n < \chi_{n-1}^2[\alpha]$
$\sigma^2 \leq \sigma_0^2$	$\sigma^2 > \sigma_0^2$	$t_n > \chi_{n-1}^2[1-\alpha]$

Differenztest

- GG ist normalverteilt
- σ_X^2 und σ_Y^2 gleich aber unbekannt
- δ_0 vorgegeben oder $\delta = \mu_X - \mu_Y$

$$t = \frac{\overline{x} - \overline{y} - \delta_0}{\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}} * \sqrt{\frac{n*s_n^2 + m*s_m^2}{n+m-2}}}$$

H_0	H_1	Krit.
$\delta = \delta_0$	$\delta \neq \delta_0$	$\lvert t_n \rvert > t_{n+m-2}[1-\alpha/2]$
$\delta \geq \delta_0$	$\delta < \delta_0$	$t_n < t_{n+m-2}[\alpha]$
$\delta \leq \delta_0$	$\delta > \delta_0$	$t_n > t_{n+m-2}[1-\alpha]$

χ^2 Test

- $E_{ij} immer \geq 5$
- H_0 = X, Y sind unabhängig; H_1 = X, Y sind abhängig
- Prüfgröße χ^2 (wie oben, mit erw. Kont.-Tabelle)
- Krit.Wert: $c = \chi^2_{(k-1)(l-1)}[1-\alpha]$
- $\chi^2 \leq c$ H0 behalten
- $\chi^2 > c$ H0 verwerfen

Excel Tests

- Koeffizienten für jede X_i – > Formel lässt sich daraus ableiten
- t-Statistik:
  - Test, ob x überhaupt y beeinflusst
  - Parameter wird nur im Modell behalten wenn $\lvert t \rvert := \lvert \frac{\hat{\beta}_j}{\hat{\sigma}_j} \rvert > 2$
  - Signifikanzniveau von ca. 5%
  - Alternativ: p-Werte < α werden behalten, p-Werte > α werden verworfen
- F-Test des Bestimmtheitsmaßes:
  - Testet ob, nicht auch alle Parameter = 0 sein könnten (Sinnhaftigkeit der Regression)
  - H_0 :
  - Prüfgröße F aus Excel
  - FWert: aus F-Verteilung oder gegeben
  - $F \geq FWert$ H_0 verwerfen, Regressionsansatz sinnvoll
  - $F < FWert$ H_0 behalten, Regressionsansatz schlecht
  - Einfacher: Über F.Krit
  - $pWert < F.Krit$ H_0 behalten, Regressionsansatz sinnvoll
  - $pWert > F.Krit$ H_0 verwerfen, Regressionsansatz schlecht

Other

Integrationsregel - Fläche unter Funktion $\int_a^b x^n = [\frac{1}{n+1}x^{n+1}]_a^b = [\frac{1}{n+1}b^{n+1}] - [\frac{1}{n+1}a^{n+1}]$

n_{ij}	$(n_{ij} - E_{ij})^2$
$n_{ij} - E_{ij}$	E_{ij}

Test\Realität	H_0 richtig	H_1 richtig
H_0 behalten	ok (Spezifität)	β Fehler (FP)
H_0 verwerfen	α Fehler (FN)	ok (Sensitivität)