

# Badanie modelu oceny gier planszowych

Ekonometria Bayesowska



---

*Justyna Zbiegień*  
*107961*

---

*Warszawa, 2022*

## Wprowadzenie

W obecnych czasach dostęp do szeroko pojętej rozrywki powiększa swój zakres z każdym rokiem w wielu kierunkach tj. gry na telefon, PlayStation, Xbox, platformy streamingowe ale również gry planszowe. Rynek gier planszowych jest jednym z najszybciej rozwijających się, a w samym 2021 roku wartość tego segmentu wyniosła 2.86 mln USD<sup>1</sup>. Gry planszowe to szeroko rozumiane gry towarzyskie, w których używana jest plansza. Mogą to być mało skomplikowane gry rodzinne zaczynając na popularnej grze Monopoly po skomplikowane gry strategiczne dla wytrwałych koneserów gier wojennych jak Gloomhaven. Gry różnią się poziomem skomplikowania, liczbą graczy, długością trwania rozgrywki, mechaniką, poziomem trudności czy tematem jak fantasy czy science-fiction.

Wszelkie gry planszowe pojawiające się na rynku są oceniane przez społeczność graczy na wielu platformach internetowych, jednak jedną z najbardziej popularnych jest Board Games Geek. Jest to ogólnie światowa platforma posiadająca wiele informacji dotyczących gier planszowych, konwentów, crowdfundingu ale też rankingu gier. W niniejszej pracy zostanie oszacowany model rankingu gier planszowych wraz z determinantami mający wpływ na wysokość oceny danej gry.

## Dane

Dane do badania zaczerpnięto ze strony kaggle.com<sup>2</sup>, gdzie zebrano informacje dotyczące ponad 20 tysięcy gier planszowych, które powstały przez ostatnie kilkadziesiąt lat. Ze względu na ogrom zbioru danych, zdecydowano się na podjęcie próby zbudowania modelu wyłącznie dla gier planszowych powstałych w latach 2021-2022 (jest to 145 obserwacji). Do modelu pomocniczego (szacowania wartości oczekiwanych danych *a priori*) przyjęto gry planszowe powstałe w roku 2020 (ponad 800 obserwacji). Kolejnym powodem na zmniejszenie badanego zbioru danych jest fakt, że gry planszowe drastycznie zmieniły trendy w ostatnich latach i znacząco różnią się mechaniką jak i tematyką od gier powstałych w latach wcześniejszych. Zmienną objaśnianą w modelu jest *Rating.Average* czyli średnia ocena danej gry planszowej w skali od 1 do 10. Pozostałe zmienne objaśniające są następujące:

- *Min Players* – minimalna liczba graczy;
- *Max Players* – maksymalna liczba graczy;
- *Play Time* – średnia długość trwania gry (w minutach);
- *Min Age* – minimalny wiek wymagany do grania w grę;
- *BGG Rank* – miejsce gry planszowej w wewnętrznym rankingu ustalonym przez Board Games Geek (ponieważ ranking ogólny uzupełniają gracze mniej doświadczeni oceny gier znacząco różnią się – są zawyżone – gdzie tymczasem ranking BGG uzupełniany jest przez doświadczonych graczy i bierze pod uwagę więcej informacji);
- *Complexity Average* – średni poziom skomplikowania mierzony od 1 do 5;
- *Mechanics* – rodzaj używanych mechanik w grze (może być więcej niż jedna), np. rzucanie kostką;
- *Domains* – tematyka, np. gra wojenna, gra strategiczna, gra rodzinna.

Ze względu na różnorodność mechanik zawartych w grach (182 mechaniki) oraz tematyki gier (8 rodzajów), zdecydowano się wyodrębnić najbardziej charakterystycznych dla gier powstałych po roku

---

<sup>1</sup> Dane według <https://www.statista.com/outlook/dmo/app/games/board-games/worldwide> [dostęp: 23.04.22 23:44]

<sup>2</sup> <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/board-games?resource=download> [dostęp 17.04.22 12:43]

2020. Według artykułu *“A Data Driven Review of Board Game Design and Interactions of Their Mechanics”* opracowanego przez zespół ze School of Engineering and IT z UNSW Cranberra w 2021 roku<sup>3</sup> na przestrzeni ostatnich lat znacząco wzrosła popularność czterech mechanik:

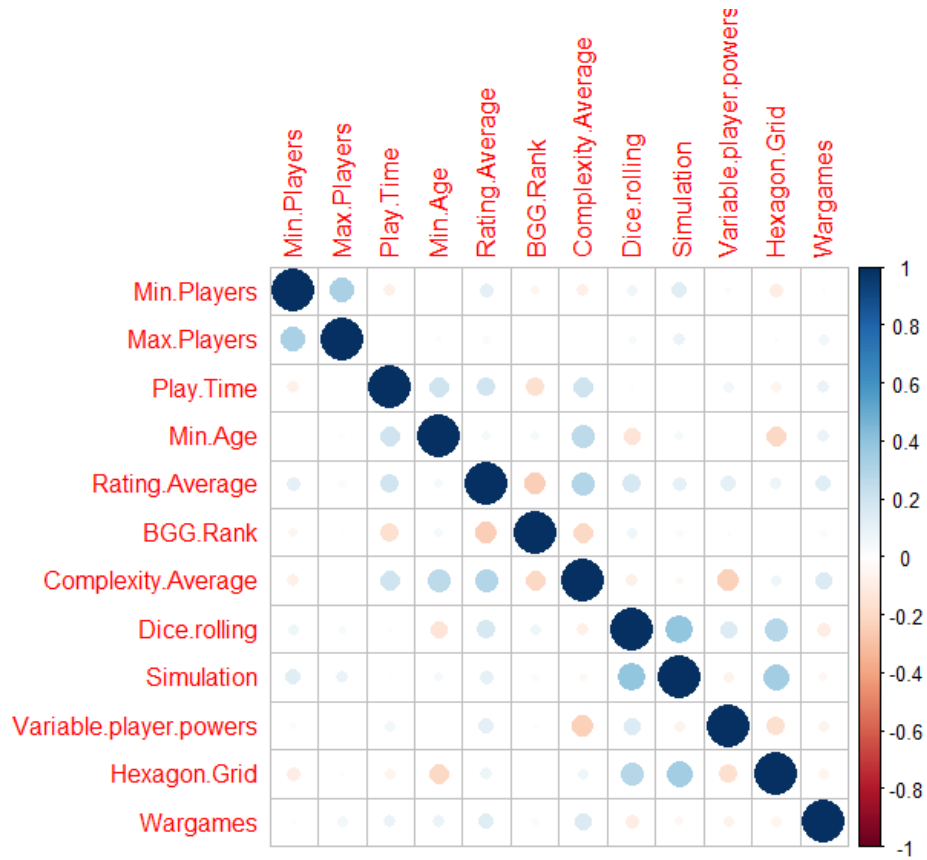
- *Dice rolling* – rzucanie kostką, co wprowadza element losowości w grze;
- *Simulation* – symulacja rzeczywistych warunków, np. ekonomicznych;
- *Variable player powers* – odnosi się do sytuacji, gdzie każdy gracz posiada specjalną akcję (zdolność), którą tylko oni mogą wykonać lub zmodyfikować;
- *Hexagon Grid* – plansza oparta na siatce heksagonalnej, po której poruszają się figurki bohaterów.

W najnowszych grach planszowych dominuje tematyka gier wojennych strategicznych, rodzinnych oraz imprezowych. Jednak ze względu na niską istotność i korelację ze zmienną objaśnianą zdecydowano się wyeliminować gry rodzinne oraz imprezowe. Są one również w dużej mierze skorelowane z mechaniką rzucania kością. Tematykę gier strategicznych zdecydowano się odrzucić poprzez wysoką korelację z tematyką gier wojennych, by nie powielać już znanej informacji. W ten sposób ze zmiennej *Domains* pozostawiono jedynie zmienną *Wargames* (gry wojenne), która ma wpływ na szansę otrzymania wysokiej oceny przez graczy.

Ostatnią oceną parametrów przyjętych do dalszej analizy jest zbadanie pojedynczej istotności parametrów za pomocą testu t-studenta oraz na podstawie poniższej macierzy korelacji:

---

<sup>3</sup> *“A Data Driven Review of Board Game Design and Interactions of Their Mechanics”* D. SAMARASINGHE, M. BARLOW I inni, SEIT UNSW 2021



Rysunek 1: Korelacja zmiennych

Ze względu na korelację i niską istotność zdecydowano się odrzucić zmienne: *Max Players*, *Play Time*, *Min Age*, *Simulation*, *Hexagon Grid*. Oznacza to, że ostatecznie do dalszej analizy przyjęto zmienne objaśniające:

- *Min Players*,
- *BGG Rank*,
- *Complexity Average*,
- *Dice rolling*,
- *Variable player powers*,
- *Wargames*.

## Rozkład *a priori*

W celu dokonania dalszej analizy oraz elicytacji parametrów *a priori* zbudowano model pomocniczy oszacowany KMNK. W tym celu skorzystano z rozkładu normalnego-gamma, który wyraża się następującym wzorem:

$$\beta \sim N(\underline{\beta}, \sigma^2 \underline{u})$$

$$h \sim \Gamma\left(\beta = \frac{vs^2}{2}, \alpha = \frac{v}{2}\right)$$

gdzie:

$\beta$  – nieznany parametr,

$h$  – odwrotność wariancji składnika losowego,

$\underline{U}$  – iloczyn macierzy kowariancji oszacowań parametrów z modelu pomocniczego i odwrotność wariancji reszt z tego modelu,

$\underline{s}^2$  – wariancja reszt z modelu pomocniczego,

$\underline{v}$  – liczba stopni swobody w modelu pomocniczym.

Poniższa tabela przedstawia oszacowania parametrów regresji liniowej oraz ich błędy standardowe. Następnie oszacowania te zostaną przyjęte jako wartości oczekiwane parametrów modelu a priori (nieznane parametry  $\beta$ ):

*Tabela 1: Model pomocniczy - oszacowane parametry*

Zmienna	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy oszacowania
<i>Intercept</i>	7.54700	0.1128
<i>Min Players</i>	0.00596	0.0361
<i>BGG Rank</i>	-0.00006	0.0000
<i>Complexity Average</i>	0.16780	0.0291
<i>Dice rolling</i>	0.45630	0.0944
<i>Variable player powers</i>	0.10930	0.0640
<i>Wargames</i>	-0.05111	0.0509

Z powyższej tabeli wynika, że liczba minimalnych graczy (*Min Players*) ma dodatni wpływ na ocenę gry planszowej. Im większa wymagana liczba graczy, tym gra cieszy się wyższą oceną. Dzieje się tak, ponieważ wiele gier towarzyskich i stosunkowo nieskomplikowanych wymaga większej liczby graczy.

Z powyższych zmiennych zmienna *BGG Rank* jest ujemna, czego można było się spodziewać. Tak, jak określono to w artykule „*A Data Driven Review of Board Game Design and Interactions of Their Mechanics*” wspomnianym wyżej ranking przeprowadzony przez platformę BGG docenia również gry skomplikowane o dużym progu wejścia, natomiast ranking prowadzony przez graczy „okazyjnych” zawyża ranking gier o mniejszym poziomie skomplikowania, łatwiejszej mechanice i większej losowości, stąd wynika ujemna korelacja tej zmiennej ze zmienną objaśnianą. Jednak należy zwrócić również uwagę, że parametr oszacowany przy tej zmiennej jest znacznie mniejszy od pozostałych i nie ma tak dużego wpływu na zmienną objaśnianą.

Zmienna *Complexity Average* natomiast odpowiada na potrzeby graczy oczekujących wysoko skomplikowanej rozgrywki. Jej oszacowany parametr jest dodatni, oznacza on, że z każdym kolejnym poziomem skomplikowania gra podniesie swoją ocenę o około 0.17 punktu.

Mechanika rzucania kostką (*Dice rolling*), jeśli występuje w danej grze najbardziej podnosi jej ocenę, ponieważ aż ponad 0.46 punktu. Gry o losowości, jaką zapewnia rzut kostką cieszą się znaczną popularnością w ostatnich latach. Wprowadza ona element zaskoczenia jak i zarówno ryzyka, co cieszy się popularnością wśród graczy.

Oszacowanie parametru zmiennej *Variable player powers* wynosi ok. 0.10, co oznacza, że jeżeli w grze występują indywidualne zdolności bohaterów (graczy), gra ma szansę znacząco lepiej wypaść w rankingu.

Ostatnią zmienną jest *Wargames*, która sprawdza czy dana gra należy do tematyki gier wojennych. Jest to kategoria gier bardzo lubiana wśród graczy ceniących rywalizację, strategię i stosunkowo skomplikowany poziom gry. Parametr tej zmiennej został ujemnie oszacowany na poziomie ok. -0.05. Czyli jeżeli gra jest o tematyce wojennej jej ocena nieznacznie spadnie.

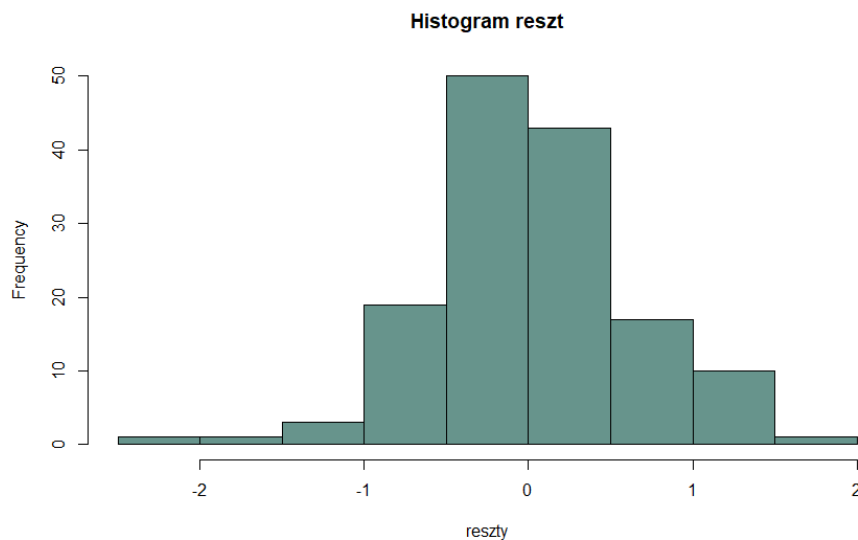
Wszystkie powyższe interpretacje można zastosować przy założeniu niezmienności pozostałych parametrów (*ceteris paribus*).

## Rozkład *a posteriori*

Rozkład *a posteriori* jest połączeniem wiedzy *a priori* z informacjami pozyskanych z danych. Model ten ma postać:

$$\text{Rating.Average} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Min.Players}_i + \beta_2 \cdot \text{BGG.Rank}_i + \beta_3 \cdot \text{Complexity.Average}_i + \beta_4 \cdot \text{Dice.rolling}_i + \beta_5 \cdot \text{Variable.player.powers}_i + \beta_6 \cdot \text{Wargames}_i + \epsilon_i$$

By móc przystąpić do dalszej części pracy, należy zbadać normalność rozkładu reszt zbudowanego modelu. Reszty dla tak oszacowanych parametrów przedstawia poniższy histogram:



Rysunek 2: Normalność rozkładu reszt

*P-value* dla testu Shapiro-Wilka wyniosło 0.02592, czyli dla poziomu  $\alpha=0.05$  test wskazuje na brak rozkładu normalnego reszt, jednak dla  $\alpha=0.01$ , już można przyjąć, że reszty charakteryzują się rozkładem normalnym. Na potrzeby projektu oraz ze względu na graniczną wartość *p-value* zdecydowano się przyjąć założenie o normalność rozkładu reszt.

Estymator  $\beta$  jest estymatorem  $\hat{\beta}$  oszacowanym za pomocą MNK i jest wyrażany wzorem  $\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$ . Rozkład *a posteriori* jest rozkładem normalnym-gamma i łączy parametry *a priori* oszacowane powyżej oraz parametry oszacowane na podstawie danych właściwych za pomocą MNK ( $\hat{\beta}$ ). Parametry modelu *a posteriori* szacuje się za pomocą następujących wzorów:

$$\bar{\beta} = (\underline{U}^{-1} + \mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} (\underline{U}^{-1} \underline{\beta} + \mathbf{X}^T \mathbf{X} \hat{\beta})$$

$$\bar{U} = (\underline{U}^{-1} + \mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$$

$$\bar{v} = \underline{v} + N$$

$$\overline{vs^2} = \hat{v}\hat{s}^2 + \underline{vs^2} + (\hat{\beta} - \underline{\beta})^T [\underline{U} + (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}]^{-1} (\hat{\beta} - \underline{\beta})$$

gdzie:

$\underline{\beta}$  – parametry *a priori*,

$\hat{\beta}$  – oszacowane parametry za pomocą MNK,

$\bar{\beta}$  – szacowane parametry *a posteriori*,

$\underline{U}$  – iloczyn macierzy kowariancji oszacowań parametrów z modelu pomocniczego i odwrotność wariancji reszt z tego modelu,

$\underline{s^2}$  – wariancja reszt z modelu pomocniczego,

$\underline{v}$  – liczba stopni swobody w modelu pomocniczym,

$\bar{U}$  – iloczyn macierzy kowariancji oszacowań parametrów z modelu właściwego i odwrotność wariancji reszt z tego modelu,

$\overline{s^2}$  – wariancja reszt z modelu właściwego,

$\bar{v}$  – liczba stopni swobody w modelu właściwym.

Poniższa tabela zawiera oszacowanie parametrów *a posteriori*:

Tabela 2: Parametry *a posteriori*

Zmienna	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy oszacowania
<i>Intercept</i>	7.3790	0.2935
<i>Min Players</i>	0.1264	0.0836
<i>BGG Rank</i>	0.0000	0.0000
<i>Complexity Average</i>	0.2386	0.0619
<i>Dice rolling</i>	0.5525	0.3820
<i>Variable player powers</i>	0.3271	0.1496
<i>Wargames</i>	0.2988	0.1178

Z powyższej tabeli widać, że parametry *a posteriori* nie różnią się znacząco od parametrów z modelu pomocniczego *a priori*, oznacza to, że gry powstałe w roku 2020 są zbliżone do gier powstałych później.

Widoczną różnicą odznaczają się zmienne *Min Players* oraz *Dice rolling*, gdzie obie te zmienne mają oszacowania dodatnie zamiast ujemnych. Ze względu na rosnącą popularność gier losowych zmienna *Dice rolling* ma największy oszacowany parametr dodatni wśród innych zmiennych przyjętych do modelu, ponieważ aż ok. 0.55.

Gry wojenne (*Wargames*) również cieszą się znacznie większym uznaniem w latach 2021-2022, ponieważ oszacowany parametr jest na poziomie 0.3. Zmienna *BGG Rank* pomimo wysokiej korelacji ze zmienną

objaśnianą i wysoką istotnością ma niski wpływ na ocenę gry planszowej i oszacowany parametr *a posteriori* jest bliski zera.

Zmienna *BGG Rank* ma parametr oszacowany na poziomie zera, już wcześniej było to widoczne, że zmienna pomimo wysokiej korelacji ze zmienną objaśnianą nie ma wpływu w szacowanym modelu i powinna zostać usunięta.

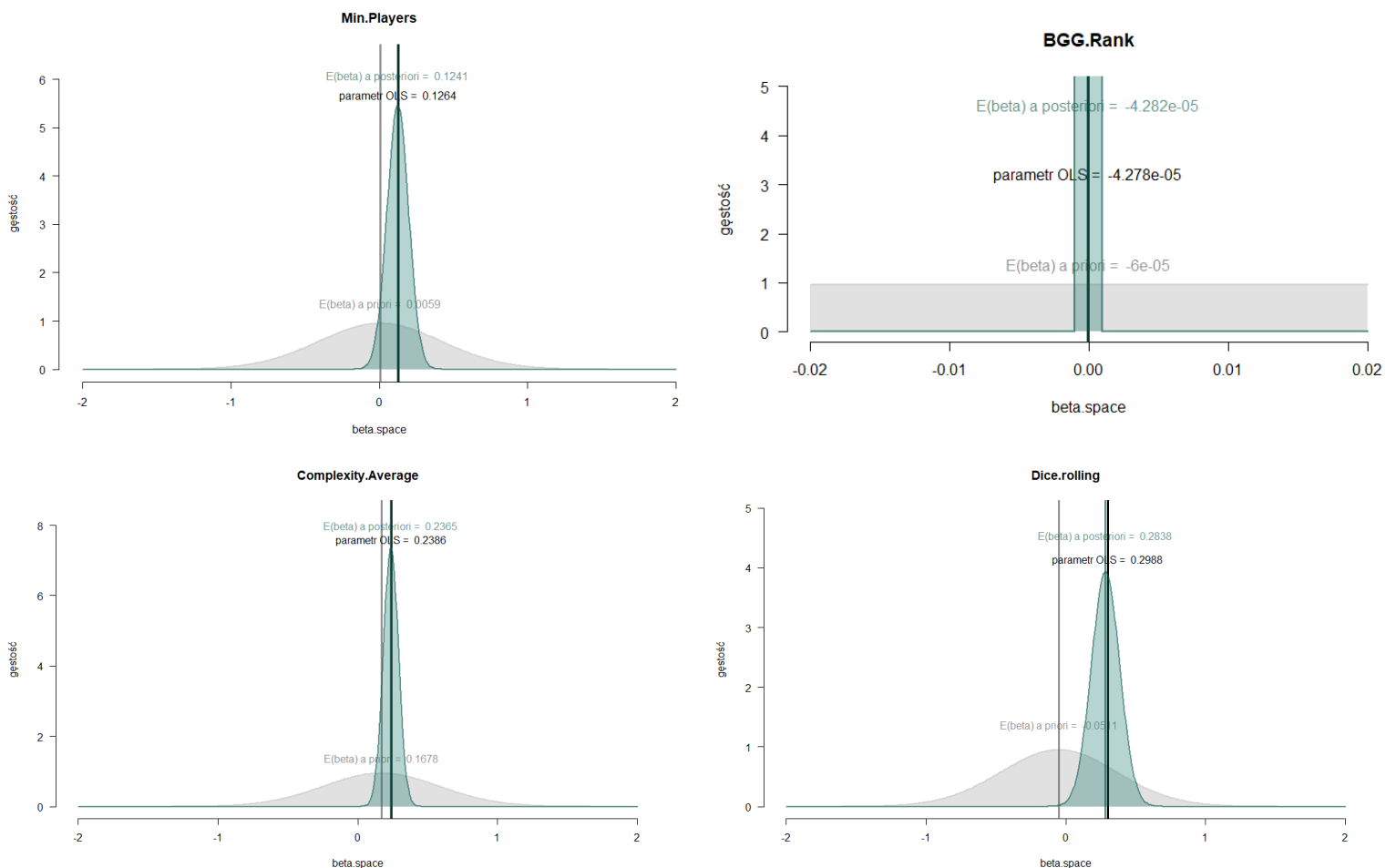
Parametr zmiennej średni poziom skomplikowania gry (*Complexity Average*) został oszacowany na poziomie 0.2386, a błąd szacunku jest stosunkowo niski.

Dla zmiennej *Variable player powers* szacowany parametr wynosi 0.3271, natomiast błąd szacowania jest stosunkowo wysoki, ponieważ prawie 0.15 (niemal 50%), co może przekreślić wartość poznawczą liczbowej oceny tego parametru. Jednak największy błąd szacowanego parametru jest dla zmiennej *Dice rolling* (ponad 50%).

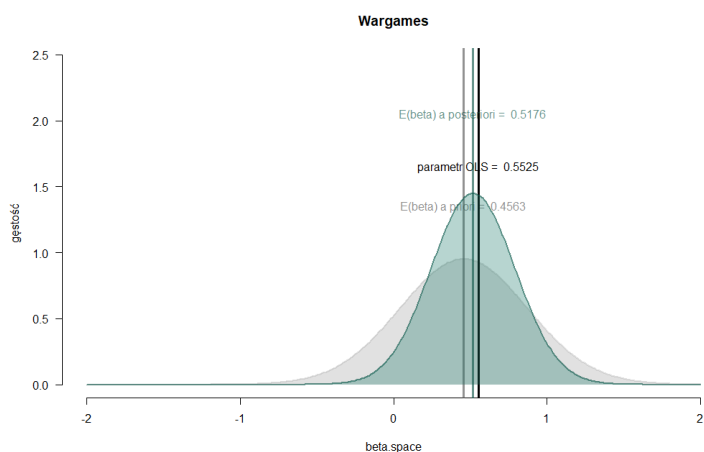
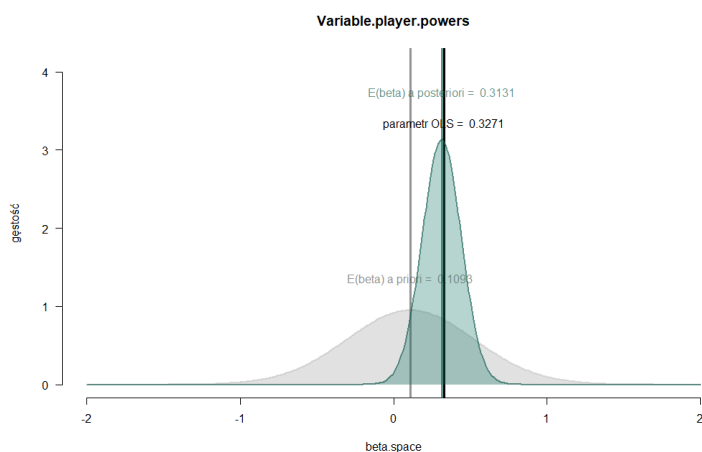
## Rozkłady brzegowe oraz przedziały HPDI

Poniższe wykresy przedstawiają gęstość rozkładów *a priori* i *a posteriori* (są to rozkłady t-studenta) oraz oszacowanie parametrów metodą MNK w modelu właściwym:

Rysunek 3: Rozkłady brzegowe







Zmienna *Min Players* rozkład a posteriori ma znacznie bardziej zbliżony do oszacowań parametrów z modelu MNK niż do danych historycznych a priori. Zmienna *BGG Rank* jest bardzo zbliżona do zera, więc wykres gęstości jest niemal niewidoczny. Dla zmiennych *Complexity Average*, *Dice Rolling* oraz *Variable player power* schemat powtarza się tak, jak dla zmiennej *Min Players* – rozkłady gęstości a priori oraz a posteriori nieznacznie się pokrywają, a oszacowane parametry a posteriori są znacznie zbliżone od oszacowań MNK. Zmienna *Wargames* znacząco się wybija spośród innych, jej rozkłady gęstości a priori oraz a posteriori niemal pokrywają się, a oszacowania parametrów są dla siebie bardzo zbliżone oraz do oszacowań z właściwego modelu MNK.

Poniższa tabela przedstawia oszacowania parametrów *a posteriori* oraz oszacowane przedziały ufności na poziomie 95% najwyższej gęstości *a posteriori*:

Tabela 3: Przedziały HPDI

Zmienna	Oszacowanie parametru $\beta$	Przedział HPDI
<i>Min Players</i>	0.1264	(-0.01; 0.25)
<i>BGG Rank</i>	0.0000	(NA; NA)
<i>Complexity Average</i>	0.2386	(0.14; 0.33)
<i>Dice rolling</i>	0.5525	(0.09; 0.46)
<i>Variable player powers</i>	0.3271	(0.07; 0.55)
<i>Wargames</i>	0.2988	(-0.02; 1.04)

Przedział HPDI mówi nam o tym, w jakim przedziale z prawdopodobieństwem 95% znajduje się oszacowanie danej zmiennej. Dla zmiennej *BGG Rank* przedział nie mógł zostać oszacowany ze względu na bliskość zera oszacowanego parametru, oznacza to, że zmienna powinna zostać usunięta z modelu. Dla zmiennych *Min Players* oraz *Wargames* przedział HPDI zawiera 0, co również może świadczyć o braku konieczności zawarcia danej zmiennej w szacowanym modelu.

## Czynnik Bayesa

Czynnik Bayesa informuje nas o jakości zbudowanego modelu w porównaniu do modelu bez jednej zmiennej objaśniającej – to właśnie dla niej jest oszacowany czynnik Bayesa. Im czynnik jest bliższy zera, tym zmienna jest mniej istotna w modelu. Poniższa tabela przedstawia tabelę czynników obliczonych dla poszczególnych zmiennych:

Tabela 4: Czynniki Bayesa

Zmienna	Czynnik Bayesa
<i>Min.Players</i>	0.647
<i>BGG.Rank</i>	0.001
<i>Complexity.Average</i>	1164.324
<i>Wargames</i>	2.132
<i>Variable.player.powers</i>	5.242
<i>Dice.rolling</i>	10.107

Z powyższej tabeli wynika, że zmienna *BGG Rank* jest niepotrzebnie ujęta w modelu. Wniosek ten wyciągnięto już na poprzednim etapie projektu. Zmienna *Min Players* również jest sporna. Najsilniejszą zmienną jest *Complexity Average*, gdyż dla niej czynnik Bayesa jest najwyższy. Pozostałe zmienne można uznać, za słusznie przyjęte do niniejszej analizy.

## Podsumowanie

W niniejszej pracy przeprowadzono analizę za pomocą ekonometrii bayesowskiej w celu oszacowania modelu warunkującego średnią ocenę gry planszowej w skali od 1 do 10. Do badań przyjęto gry powstałe w roku 2020 jako dane historyczne, a model właściwy szacowany na grach powstałych w latach 2021-2022. Jako zmienne objaśniające przyjęto takie, zmienne jak liczba minimalnych graczy, cztery najbardziej popularne mechaniki, tematykę gier, średni poziom skomplikowania gry czy ranking według popularnej platformy Board Games Geek.

Hipoteza opisana to w artykule *“A Data Driven Review of Board Game Design and Interactions of Their Mechanics”* mówiąca o znacznej zmianie i trendów wśród planszowego w ostatnich latach potwierdziła się. Finalne szacowania modelu *a posteriori* odbiegają znacznie od danych historycznych – nie mają one aż tak wielkiego wpływu na szacowany model. Świat gier planszowych brnie do przodu i zmienia się z każdym rokiem.

Analizując wyniki przedziałów HPDI oraz wysokości czynnika Bayesa można pokusić się o usunięcie z modelu zmiennej *BGG Rank* oraz minimalnej liczbie graczy. Te zmienne mają najmniej istotne oszacowania, natomiast zmienna mówiąca o średnim poziomie skomplikowania gry czy rodzaj mechaniki mają ogromny wpływ na poziom oceny gry przez użytkowników.