

UNIVERZITA KARLOVA

FAKULTA SOCIÁLNÍCH VĚD

Institut ekonomických studií

Michael Augustin

Klam horké ruky

Bakalářská práce

Praha 2018

Autor práce: **Michael Augustin**

Vedoucí práce: **PhDr. Václav Korbel**

Rok obhajoby: **2018**

Bibliografický záznam

AUGUSTIN, Michael. *Klam horké ruky* Praha, 2018. 43 s. Bakalářská práce (Bc.)
Univerzita Karlova, Fakulta sociálních věd, Institut ekonomických studií.
Vedoucí diplomové práce: PhDr. Václav Korbel.

Abstrakt

Efekt "horké ruky" popisuje jev, kdy u sportovce dochází po sérii úspěchů k náhlému zlepšení jeho výkonnosti. V odborné literatuře byl ovšem efekt "horké ruky" považován za klam až do roku 2014, kdy bylo objeveno zkreslení v původní metodě testování a představeny nové statistiky, jejichž testy pro toto zkreslení kontrolovaly. Cílem této práce je testovat výskyt "horké ruky" pomocí nových metod a následně provést analýzu výkonů obou pohlaví. Dalším cílem je prokázat, že k "horké ruce" nedochází pouze u nejlepších hráčů světa působících v NBA, ale i u poloprofesionálních hráčů a hráček české NBL. První část práce se věnuje teorii "klamu horké ruky" a jeho důležitým implikacím ve světě ekonomie a financí. Je zde obsažen i stěžejní přehled literatury "horké ruky" . Ve druhé a třetí části jsou uvedena data a představena metodologie literatury "horké ruky", která podléhá zkreslení a následně je uvedena nová metoda kontrolující pro toto zkreslení. Výsledky individuální analýzy potvrzují signifikantní nálezy "horké" a "ledové" ruky a prokazují efektivitu nové nezkraslené metody testování. V závěru práce jsou diskutovány i výsledky testu výkonů podle pohlaví a naznačeny možnosti dalšího testování.

Klíčová slova

Klam horké ruky, zákon malých čísel, kognitivní zkreslení, Iluze shlukování,
Behaviorální ekonomie

Rozsah práce: 61 763

Abstract

The "hot hand" effect describes the phenomenon when an athlete makes a considerable improvement in his performance following a series of successes. In the professional literature the "hot hand" effect was considered a fallacy until 2014, when a substantial bias was discovered in the original test method, and a new set of statistics, which controlled for the bias, was introduced. The aim of this work is to test the occurrence of "hot hand" using new methods and to create a performance analysis of both genders. Furthermore it will be proven that the "hot hand" is not a privilege of the best NBA players in the world, but can also occur in semi-professional leagues such as the Czech NBL. The first part of the thesis presents the theory of "hot-hand fallacy" and its important implications in the world of economics and finance. There is also a key review of the "hot hand" literature. In the second and third parts, the biased data and the methodology of the "hot hand" literature are presented, and a new method for controlling this bias is introduced. The results of individual analyses confirm the significant findings of the "hot" and "cold" hand and demonstrate the effectiveness of the new unbiased test. Results discussing the performance test according to gender and the possibilities of further testing are to be found in the last part of this thesis.

Keywords

Hot Hand Fallacy, Law of small numbers, Cognitive bias, Clustering illusions, Behavioral Economy

Prohlášení

1. Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracoval/a samostatně a použil/a jen uvedené prameny a literaturu.
2. Prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného titulu.
3. Souhlasím s tím, aby práce byla zpřístupněna pro studijní a výzkumné účely.

V Praze dne ...

Michael Augustin ...

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu PhDr. Václavu Korbelovi za cenné rady a pomoc při psaní bakalářské práce.

Bachelor's Thesis Proposal

Institute of Economic Studies
Faculty of Social Sciences
Charles University in Prague



Author's name and surname: Michael Augustin

E-mail: MichaelAugustin@seznam.cz

Phone: 606807231

Supervisor's name: Václav Korbel

Supervisor's email: vaclav.korbel@fsv.cuni.cz

Notes: Please enter the information from the proposal to the Student Information System (SIS) and submit the proposal signed by yourself and by the supervisor to the Academic Director ("garant") of the undergraduate program.

Proposed Topic:

The hot hand fallacy

Preliminary scope of work:

Research question and motivation

The feeling of self-confidence when one is almost sure that every shot will fall into the basket when playing basketball, each ball will be hit right into the centre of the green in golf, or getting one strike after the other in bowling is probably known to almost everyone. After gaining a sense of full synchronization of body and mind, subsequently an increase of confidence in one's abilities arises. In sports, and particularly in basketball, this state of mind is defined as "the hot hand effect" or being "in the zone". Nonetheless, from a professional point of view this concept is considered to be a widespread misconception, which was also supported by a Gilovich, Valline and Tversky study from 1985 that proved there is no such thing as the "hot hand effect" from a statistical point of view. However, 29 years later, Joshua B. Miller and Adam Sanjurjo uncovered a mistake their predecessors had made in their original study and demonstrated in their work that this phenomenon does exist and we regularly witness it in each NBA round of games. The main objective of this thesis is to follow up on the study from 2014, and try to prove the occurrence of the "hot hand effect" in the Czech NBL, in addition to introducing a novelty by comparing men and women.

Contribution

The main goal of this thesis is to confirm the new hypothesis from 2014 and find the "hot hand effect" even in less professional leagues than the NBA, such as the Czech NBL, to support the argument that "the hot hand effect" can occur everywhere. So far, all studies have been tested for men in particular and only in the most professional basketball league in the world - the NBA, which contains the best shooters in the world. My work should also add new value in the form of a comparison of results for both men and women.

Methodology

The study applies the statistical approach developed in Miller and Sanjurjo (2014) to analyse data from the 3-point contest in all-star game events in the Czech basketball national league for men and women. Then there is a subsequent comparison of results for each gender.

Outline

1. Introduction
2. Literature Review & Theoretical Background
3. Methodology
4. Data Analysis
5. Discussion of Results
6. Conclusion

List of academic literature:

Bibliography

Gilovich, T.; Vallone, R.; Tversky, A. (1985): "The hot hand in basketball: On the misperception of random sequences"

Miller, J. B.; Sanjurjo, A. (2015): "Is it a Fallacy to Believe in the Hot Hand in the NBA Three-Point Contest?", working paper

Bartoszynski, R.; Niewiadomska-Bugaj, M. (2008): "Probability and statistical inference", 2nd ed.

Miller, J. B.; Sanjurjo, A. (2014): "A Cold Shower for the Hot Hand Fallacy", working paper

Koehler, J. J.; Conley, C. (2003): "The 'Hot Hand' Myth in Professional Basketball," Journal of Sport & Exercise Psychology, Vol. 25, p. 253

Stone, D. F. (2012): "Measurement error and the hot hand," The American Statistician, working paper.

Aharoni, G. and O. H. Sarig (2011): "Hot hands and equilibrium," Applied Economics

Albert, J. and P. Williamson (2001): "Using Model/Data Simulations to Detect Streakiness," The American Statistician,

Author

Supervisor

Obsah

Úvod	1
1. Literární rešerše a základní teorie	4
1.1 Psychologie za "klamem horké ruky"	4
1.2 "Zákon malých čísel"	5
1.3 "Klam horké ruky" a "klam hazardního hráče"	5
1.5 Klam "horké ruky" a globální finanční krize v roce 2008	8
1.6 Předchozí testování pro "klam horké ruky"	9
1.7 Miller a Sanjurjo	11
2. Data	12
2.1 Výběr dat	12
2.2 Soutěž ve střelbě trojek v utkání hvězd NBL.....	13
2.3 Sběr dat	14
3. Metodologie	14
3.1 Definice testovaných statistik.....	14
3.1.1 Statistika frekvence sérií zásahů	15
3.1.2 Statistika délky série zásahu	16
3.1.3 Statistika "runů"	16
3.2 Empirický postup.....	17
4. Výsledky	20
4.1 Výsledky pro první skupinu dat.....	20
4.1.1 Analýza podmíněných pravděpodobností.....	21
4.1.2 Analýza statistiky "runů"	23
4.1.3 Analýza statistik délky sérií zásahů a minutí	25
4.1.4 Analýza statistik frekvence sérií zásahů a minutí	27
4.1.5 Shrnutí první skupiny	29
4.2 Výsledky pro druhou skupinu dat.....	29
4.2.1 Celková analýza statistiky "runů"	30
4.2.2. Statistika délky sérií zásahů a minutí	31
4.2.3 Celková analýza statistik frekvence sérií zásahů a minutí.....	33
4.2.4 Shrnutí druhé skupiny	34
Závěr	36
Použitá literatura	38
Seznam příloh	40
Přílohy	40

Úvod

Každý z nás někdy v životě zažil ten pocit sebevědomí, kdy si je zcela jistý, že trefí každou střelu v basketbalu, odpálí míček v golfu přesně na green nebo zaznamená v bowlingu jeden strike za druhým. Dotyčný získal pocit úplné synchronizace těla a mysli a na něj navazující nárůst důvěry ve své schopnosti. Ve sportu, a zejména pak v basketbale se tento stav mysli definuje pojmem "efekt horké ruky" nebo "být v zóně". Právě v basketbalu jsou tyto pojmy spojovány se jmény hráčů nejčastěji. V roce 2015 v zápase americké basketbalové ligy (NBA) Golden State proti Sacramento Kings zlomil hráč domácího týmu Klay Thompson rekord v bodech v jedné čtvrtině zápasu, kdy zaznamenal neskutečných 37 bodů. Během 12 minut dokázal proměnit se 100% úspěšností všech svých 13 střel z pole, z nichž 9 bylo zpoza trojkového oblouku, a navíc přidal i dva úspěšné pokusy při trestných hodech. Po zápase bylo diváky, novináři, hráči i trenéry jeho jméno nejvíce spojováno s výše zmíněnými pojmy. Jeden z novinářů magazínu Sports Illustrated dokonce prohlásil: "Existuje horká ruka, žhavá ruka, a pak to, co dnes předvedl Klay Thomson." Mezi fanoušky i experty basketbalu je "horká ruka" vnímána jako běžný jev tohoto sportovního odvětví.

Z odborného hlediska je však "horká ruka" považována za veřejností rozšířený klam. Tento názor vyvolala studie Giloviche, Valloneho a Tverského z roku 1985, která prokázala, že ze statistického hlediska nic takového jako "efekt horké ruky" neexistuje. Přes opětovné pokusy zůstal její závěr nevyvrácen až do roku 2014, kdy nová studie Joshuhy B. Millera a Adama Sanjurja odhalila logickou chybu v testování v původní studii z roku 1985. Současně Miller a Sanjurjo dokázali ve své práci, že "efekt horké ruky" existuje a pravidelně k němu dochází v NBA, kde jsme v každém kole svědky podobnému jevu.

Hlavním cílem této práce je navázat na studii Joshuhy B. Millera a Adama Sanjurja, ve které prokázali nález zkreslení v předchozích metodách a pomocí nových statistik dokázali výskyt "efektu horké ruky" v tzv. trojkařské soutěži v rámci zápasu hvězd All-stars zámořské NBA. Jejich studie zkreslení při testování "horké ruky" byla v letošním roce schválena a bude otištěna v nadcházejícím díle časopisu *Econometrica*. Motivací je prokázat, že k "horké ruce" dochází i v méně kvalitních soutěžích než v NBA, kde hrají

nejlepší basketbalisté světa. Zdrojem dat byly výsledky trojkařské soutěže v rámci utkání hvězd české NBL, které se účastní nejen muži, ale i ženy. Poprvé tak dojde i na testování výkonů žen, které byly doposud opomíjeny.

Analýza práce je rozdělena na dvě poloviny. První analýza práce spočívá v aplikaci testů podmíněné pravděpodobnosti využívaných v literatuře "horké ruky" po téměř třicet let a následně replikuje nový postup Millera a Sanjurja. Zde budou představeny dvě nové statistiky, které nepodléhají zkreslení, jež bylo problematické pro předchozí metodu literatury "horké ruky". Tyto statistiky jsou testovány permutačními testy s nulovou hypotézou, že testovaný hráč je střelcem s konstantní úspěšností střelby a nepodléhá "efektu horké ruky". Druhá analýza simuluje celkové testy skupiny všech hráčů a hráček. Zároveň v ní dochází k testům pro jednotlivé pohlaví a možnému srovnání.

Výsledky analýzy dat z české NBL přináší první nález "horké ruky" a potvrzují účinnost nové metody ve srovnání s metodou Giloviche a spol.. Jedná se tak o první testování dovednostní soutěže ve střelbě zpoza trojkového oblouku mimo zámořskou NBA. Celkové testy nepotvrdily předpoklad, že se jev "horké ruky" v testovaném vzorku objevuje běžně.

Hlavní přínos do klasické literatury "horké ruky, kterou představují díla (Gilovich a spol. 1985), (Koehler a Conley 2003) a (Miller a Sanjurjo 2014), vidí autor v tom, že se jedná o první práci, která využívá novou metodu na vzorku mimo NBA. Druhým hlavním přínosem je rozdělení analýzy na muže a ženy, protože ženy se mohou v dané situaci chovat systematicky jinak než muži (Cahlíková a Cingl, 2013). Muži a ženy se od sebe liší v preferencích rizika a ženy mají větší averzi vůči konkurenci (Croson a Gneezy, 2009).

Práce má následující strukturu: První část obsahuje detailnější představení "klamu horké ruky" a literární rešerši. Jsou zde popsány dosavadní výzkumy z této oblasti a jejich úspěšné či neúspěšné výsledky. Dále je zde uveden význam "klamu horké ruky" mimo sportovní odvětví. Druhá část obsahuje data a jejich diskuzi. Ve třetí části jsou detailněji představeny statistické metody Giloviche a spol.(1985), Joshuhy B. Millera a Adama Sanjurja (2014) pro testování výskytu "horké ruky" a další použitá metodologie.

Ve čtvrté části jsou popsány výsledky výzkumu individuálních výkonů jednotlivých střelců a dále jsou představeny výsledky celkových testů všech střelců. V páté části nechybí závěr autora a diskuze výsledků, včetně naznačení možných alternativ navazujících výzkumů.

1. Literární rešerše a základní teorie

1.1 Psychologie za "klamem horké ruky"

Mezi sportovními příznivci odvětví, která v zámoří patří k nejoblíbenějším a nejsledovanějším, se považuje výkon Joea DiMaggia, slavného basebalisty, kterému se podařil úspěšný odpal v 56 po sobě jdoucích zápasech, za největší sérii v historii sportu vůbec. Tento fanouškovský názor však byl později vědci vyvrácen. Předpokládáte-li, že každý pokus je nezávislý na těch předešlých, budete moci vyzorovat občasně dlouhé řetězce úspěchů nebo či naopak nezdarů. Tyto pozorované a zachycené série však nejsou dostatečným důkazem o tom, že mezi po sobě jdoucími pokusy existuje nějaký vztah (Downey, 2014). Přestože tedy veřejnost vnímá "horkou ruku" jako skutečnost, pohled vědců je zcela odlišný. Dle jejich názoru lidé nemají příliš dobrou intuici, pokud jde o náhodné procesy. Když někoho požádáte o vygenerování „náhodných“ čísel, výsledkem je obvykle náhodně vypadající řada čísel, která je ale více uspořádaná než skutečné náhodné řady. Naopak, když lidem ukážete skutečné náhodné řady, mají tendenci vidět vzory tam, kde nejsou. (Downey, 2014) Právě tento druhý jev, pod který spadá i iluze horké ruky, je odborně označován jako iluze shlukování či seskupování. Ta popisuje tendenci lidské psychiky vidět vzory tam, kde nejsou. Jedná se o fenomén ze série takzvaných kognitivních zkreslení. Kognitivní zkreslení je systematická, opakovaná chyba v myšlení, rozhodování, odhadech, vzpomínkách, zapamatování a jiných myšlenkových procesech, přičemž závěry o jiných lidech a situacích mohou v těchto případech být vyvozeny nelogickým způsobem. (Haselton, Nettle, Andrews, 2005) Tento pojem popisuje tendenci lidí ke zkreslení názorů díky různým faktorům, jakými jsou emoce, morální motivace, sociální vlivy či ego a nedostatek sebereflexe. Lidé mývalí zkreslené názory na vlastní osobu, vynášejí předčasné soudy dle prvního dojmu nebo mají právě tendenci vnímat smysluplné vzorce v náhodných datech (Thaler a Sunstein, 1999).

Klam horké ruky tedy úzce souvisí s lidskou psychikou. Tendence připisování významu právě sledované série výher či úspěšných střel má mimo jiné základy právě v oboru psychologie. Divák často při vítězné sérii svého týmu či úspěšné sérii střel jednoho z hráčů propadá iluzi, že tato série není dílem omylu nýbrž právě "horká ruka".

1.2 "Zákon malých čísel"

Vysvětlení pro uvedený zkreslený úsudek diváka lze vysledovat z velké části ve vlivném díle Kahnemana a Tverského z roku 1974. Kahneman a Tversky prokázali, že lidské soudy se často odchylojí od normativních norem založených na teorii pravděpodobnosti nebo jednoduché logice. Při posuzování sekvencí hodů mincí například lidé posoudili sekvenci POPOOP¹ za pravděpodobnější než sekvence PPPOOO nebo PPPPOP, přestože všechny sekvence jsou stejně pravděpodobné. Lidé tak hledali vzory tam, kde nejsou, a to změnilo jejich názor na pravděpodobnost, která je pro všechny série stejná, protože se jedná o nezávislé pokusy. Jelikož jde o vzorek příliš malý, je odchylka možných výsledků extrémně vysoká. Autoři tento jev lidského chování popsali jako víru v "zákon malých čísel", neboli přesvědčení, že "zákon velkých čísel" platí i pro malé vzorky dat. Zákon velkých čísel je matematickou větou, která popisuje výsledek provádění stejného experimentu mnohokrát za sebou. (Bartoszynski, Niewiadomska-Bugaj, 2008) Podle tohoto zákona by měl být průměr výsledků získaných z velkého počtu pokusů blízký očekávané hodnotě a bude mít tendenci se přibližovat se zvyšujícím se počtem pokusů. Například u hodu kostkou by se měl celkový průměr všech vrhů při velkém počtu pokusů stále více blížit k hodnotě 3,5. Koncepce náhody založená na reprezentativnosti vzorku tedy vytváří dvě související předpojatosti. (Gilovich, Vallone, Tversky, 1985) Za prvé vyvolává přesvědčení, že pravděpodobnost hodit pannu je větší po dlouhé sekvenci orlů než po dlouhé sekvenci panen - "klam hazardního hráče". Za druhé vedou lidi, aby odmítli náhodnost sekvencí, které obsahují očekávaný počet sérií jedné strany mince, protože dokonce i výskyt čtyř orlů v řadě činí sekvenci nereprezentativní.

1.3 "Klam horké ruky" a "klam hazardního hráče"

Přímou spojitost má "iluze horké ruky" i s výše zmíněným klamem podobné intuice, takzvaným "klamem hazardního hráče". Nejčastěji k tomuto klamu, jak název napovídá, dochází v hazardním prostředí, zejména u hry ruleta. Hráči rulety mimo jiné často sázejí na barvy, tedy na černou či červenou. Celkem se vyskytuje ve hře 37 čísel, z nichž 18 připadá barvě černé, stejný počet červené a posledním je číslo nula

¹ P pro panna, O pro orel

vybarvené zeleně. Hráči tak mají před každým roztočením kuličky pravděpodobnost přibližně 48,6%, že trefí svoji barvu a získají tak dvojnásobek své sázky. "Klam hazardního hráče" zde může nastat rovnou dvakrát. V prvním případě hráč při sérii dopadů kuličky pouze na jednu barvu, získává pocit, že již brzy musí padnout barva opačná. Ve druhém případě, po kterém je tato iluze pojmenována, gambler cítí že čím více sázek v řadě prohrál, tím spíš musí znovu přijít vítězství, i když každý nový hod kuličkou do rulety je nezávislý na posledním (Tversky, Kahneman, 1974). "Klam hazardního hráče" je tedy založen na stejném základu. Lidé věří, že výsledky hry nejsou náhodné, ovšem v tomto případě věří, že daná série musí skončit dalším pokusem. Jedná se tak o protikladné myšlení ve srovnání s "klamem horké ruky", kdy fanoušek věří v další pozitivní výsledek následující střely a pokračování série.

Jak blízké jsou tyto dva klamy prokázala studie (Sundali a Croson, 2006), která zkoumala data hráčů rulety a prokázala, že zde existuje signifikantní pozitivní korelace mezi jednotlivci, kteří se vyznačují jednáním dle "klamu hazardních hráčů", a jednáním v souladu s přesvědčením o "horké ruce", což naznačuje sjednocující příčinu těchto dvou iluzí. Touto příčinou může být pozitivní myšlení hráčů a jejich víra v další výhru. Při vítězné sérii mají hráči tendenci držet se vítězné taktiky a důvěřovat ve svou "horkou ruku", při neúspěšné sérii podléhají hráči dojmu, že se jejich pravděpodobnost pro další výhru zvyšuje. Vždy tak dochází k iluzi shlukování, kdy hráč věří, že výsledky kol rulety nejsou náhodné nezávislé pokusy.

Klamy "horké ruky" a "hazardního hráče" se vyskytují i v dalších oborech, nejen pouze v basketbalu. Svoji podstatnou roli hrají také v oblasti behaviorální ekonomie a zejména na finančních trzích, kde lidé podléhající těmto předsudkům nedokáží správně interpretovat náhodné sekvence. Konkrétně, jestliže jsou náchylní důvěřovat "horké ruce", pak nesprávně identifikují ne-autokorelační sekvenci jako pozitivně autokorelační a vytvářejí ve své mysli přesvědčení, že tato realizace bude v budoucnu pokračovat. Tuto tendenci pozorujeme na finančních trzích, kdy investoři přenechávají svá rozhodnutí a kapitál odborníkům, jakými jsou například profesionální správci fondů. Lidé většinou nakupují investiční instrumenty, které se v nedávné minulosti projevovaly jako ziskové, a věří ve schopnosti svých správců prodloužit tyto série výkonnostních úspěchů. Pokud investoři podlehnou klamu "hazardního hráče", pak očekávají možné realizace výsledků na trhu dle celkové pravděpodobnosti i pro malé sekvence událostí.

Vyjádřeno formálně: předpokládají, že ne-autokorelační náhodná sekvence vykazuje negativní autokorelaci. (Stöckl a spol. 2015) Příkladem podlehnutí klamu "hazardního hráče" je dispoziční efekt, kdy investoři předčasně prodávají ziskové investice a naopak drží ztrátové pozice příliš dlouho. Rozhodnutí lidské mysli pro tento efekt má základy v konceptu averze ke ztrátě. Tento koncept definovali Kahneman a Tversky jako strach z negativních výsledků, který mění lidské uvažování. V případě zisku se lidé rozhodují pro menší formu rizika a mají tendenci vybírat své investice dříve, naopak v případě negativních výsledků, tedy v případě, kdy je doposud investice ztrátová, má mysl tendenci přijímat větší riziko s úmyslem odvrátit ztrátu a tím podvědomě zvyšuje důvěru v klam "hazardního hráče".

Předpojatá rozhodnutí v důsledku klamného úsudku mohou mít pro tvůrce rozhodnutí nepříznivé či negativní dopady. Například Goetzmann a Kumar (2008) dokládají, že američtí investoři, kteří projevují rysy chování související s trendy, buď: (1.) pronásledováním trendů ("klam horké ruky"), kdy investoři vstupují či odcházejí z trhu a obchodují dle převládajícího trendu na daném trhu nebo (2.) kontrariánství ("klam hazardního hráče"), kdy investoři obchodují v rozporu s převládajícími trendy na daném trhu nákupem aktiv, které mají špatný výkon a ty prodávají, až když mají pozitivní výsledky - mají méně diverzifikovaná portfolia, což naznačuje negativní dopad na riziko a výkonnost investičního instrumentu. V jiném kontextu, Dohmen a spol. (2009) spojují "klam horké ruky" a "klam hazardního hráče" se zvýšenou pravděpodobností dlouhodobé nezaměstnanosti a vyšší pravděpodobností přečerpání bankovních účtů. Další výskyt "horké ruky" je možný nalézt u podílových fondů. Investoři důvěrou v "horké ruce" správců podílových fondů vytvářejí příliv kapitálu, v důsledku nedávných pozitivních výsledků daného fondu. (Stöckl a spol., 2015) Avšak vzhledem ke skutečnosti, že výkonnost daného fondu obvykle netrvá dostatečně dlouho, vychází toto chování z předpojatých rozhodnutí. (Malkiel, 2005)

1.5 Klam "horké ruky" a globální finanční krize v roce 2008

Zkreslení úsudku z důvodu klamu "horké ruky" má tedy svůj význam i v ekonomii. Největší následky propadnutí tomuto klamu byly zjištěny v souvislosti s finanční krizí z roku 2008. Ta vznikla v důsledku prasknutí nemovitostní bubliny v USA. Způsobily ji nízké úrokové sazby na americkém trhu, v jejichž důsledku bylo sjednáno neadekvátní množství půjček. Hypoteční obligace byly navíc sjednány i pro zájemce, kteří by si za jiných okolností tyto závazky nemohli dovolit. Z důvodu vysokého množství hypoték zažíval realitní trh v USA hospodářský růst a z něj pramenící nárůst cen realit, tento boom však neodpovídal realitě tržního prostředí. S růstem realitního odvětví souvisel i obchod s novým finančním instrumentem, známým jako CDO (zajištěná dluhová obligace).² CDO je druhem cenného papíru, který slučuje různé dluhy zajištěných hypotékami, a jeho rizikovost je určena skupinou. V rámci jednoho CDO tak jsou sloučeny různé úrovně rizika hypotečních obligací. Banky měly inventáře CDOs v podobě juniorních tranší, které chtěly prodat investorům. Dále banky platily kreditním ratingovým agenturám, aby dávaly těmto juniorním tranším dobré hodnocení, ačkoliv byly kryté nekvalitními dluhy, takže pro investory vytvářely do jisté míry zkreslený obraz skutečnosti. Hlavním problémem bylo, že kreditní ratingové agentury nemohly zůstat při vyhodnocování jednotlivých tranší nezávislé, protože banky byly jejich klienty. Tranše byly navíc z geografického hlediska vysoce diverzifikované. Agentury vycházely z mylných předpokladů, že růst cen realit bude pokračovat (klam "horké ruky") a v případě poklesu cen v jednom regionu země bude tento pokles vyvážen silnými trhy v jiných částech země. (Kracík, 2015)

Pro lepší porozumění role klamu "horké ruky" v příčině globální světové krize v roce 2008 uvedu příklad od Richarda H. Thaler (2015), považovaného za "otce" behaviorální ekonomie, jenž vše ilustroval na příkladu hráče hry "Black Jack". Hráč vsadí 10 milionů dolarů. Před sebou otočí dvě karty v hodnotě 18, krupiérotočí jednu ze svých karet v hodnotě 7 a druhá zůstává skrytá, hráč tak získává pravděpodobnost výhry 87%. Hráč má za sebou sérii výher a nepochybuje o další výhře. V návaznosti na sázku hráče vůči kasinu podniknou dva diváci vlastní sázku, kdy jeden z nich vsází na výhru hráče v poměru např. 1:3. Tuto sázku využijí další dva přihlížející a uzavřou

² CDOs = Collateralized Debt Obligation

sázku na výhru jednoho z diváků ve vyšším poměru např. 1:20. Tím vniká rozšiřující se spirála sázek, přičemž všechny navazují na výsledek hráče "Black Jacku". Pokud hráč zvítězí nad krupiérem, bude všem zúčastněným vyplacena výhra. Pro hráče se jedná o dvojnásobek, u následujících sázek je pak vždy kurz menší, výhry se proto budou procentuálně drasticky snižovat. Pokud ovšem hráč původní sázku prohraje, všichni sázející musí zaplatit vysoké násobky jejich původních sázek. Nyní je důležité přiřadit hře ekonomický kontext. Původní sázka hráče zde představuje hypoteční obligaci a kasino poskytovatele této obligace. Procentuální výhra pak ztělesňuje rizikovost této obligace. Navazující sázky pak představují již výše zmíněné syntetické CDO. Klam "horké ruky" tedy vedl veškeré zúčastněné sázející k uzavření sázek, které zdaleka převyšovaly původní hodnotu obligací. Ovšem obliba obyvatel USA životního stylu "žít na dluh" vedla k nemohoucnosti dlužníků splácet své dluhy, což vyvrcholilo v roce 2006, kdy došlo k velkému propadu na trhu amerických hypoték, tedy k prohře našeho hráče "Black Jacku". Prasknutí nemovitostní bubliny v USA tak odstartovalo celosvětovou finanční krizi. Katalyzátorem se však staly syntetické CDO, které krizi rozšířily do mnohonásobně větších rozměrů a mezi další finanční instituce dnešní ekonomiky. Následky zkreslených předsudků tak mohou mít katastrofické následky.

1.6 Předchozí testování pro "klam horké ruky"

Odborná literatura, která se zabývá testováním "horké ruky" v basketbalu, není příliš bohatá. Gilovich, Vallone a Tversky (1985), Tversky a Gilovich (1989a), Adams (1992), Shaw, Dzewaltoski a McElroy (1992), Koehler a Conley (2003) nedokázali ve svých výzkumech prokázat signifikantní známky "horké ruky", tedy signifikantně větší úspěšnosti zásahu po sérii tří zásahů proti základní úspěšnosti při různých testováních individuálních výkonů hráčů v basketbale. Zejména práce Gillovich, Vallone a Tversky (1985), která vznikla jako první studie zaměřující se na téma "horké ruky", byla po téměř třicet let považována za původce důkazu o "klamu horké ruky". Autoři v této práci detailně zpracovali data z veškeré herní oblasti v hned čtyřech studiích: dotazník basketbalových fanoušků, test úspěšnosti střel hráčů z pole během hry, test úspěšnosti střelby trestných hodů a kontrolovaný experiment. V rámci dotazníku se podařilo prokázat důvěru fanoušků, kteří měli určitou praxi ve hře basketbalu, že s každou proměněnou střelou roste jejich pravděpodobnost úspěchu pro

další střelu. Závěry zbylých testů však tento předpoklad nedokázaly prokázat. V žádném ze tří testů se autorům nepodařilo prokázat závislost hodů na předchozích pokusech. Naopak, při testu střel z pole dokonce autoři zjistili zmenšující se pravděpodobnost v případě předchozích úspěšných střel a zvyšující se šanci v případě série nepřesných střel, což je zcela v rozporu s přesvědčením o efektu "horké ruky". Hlavní přínos tohoto díla spočívá v představení analýz "horké ruky" pomocí sérií a individuální analýzy, tyto rozborů se staly součástí všech následujících studií ostatních autorů. Analýza sérií spočívala ve výpočtu Z statistiky, která testuje signifikanci rozdílu mezi počty pozorovaných a odhadovaných sérií.

Vyvrátit závěr této práce se pokusila studie vědců Larkey, Smith & Kadane (1989) na herních datech sezóny NBA 1987-1988, kdy autoři tvrdili, že našli pomocí upravené metody Giloviche a spol.(1985) známky "horké ruky" u basketbalového hráče Vinnieho Johnsona, přezdíváného "mikrovlka", právě kvůli jeho stylu hry, kdy při sérii úspěšných střel během zápasů dokázal trefovat následující hody s vysokou úspěšností. Dle jejich výzkumu basketbalisté, kteří dělají na hřišti nepravděpodobné a nezapomenutelné věci, tak činí právě díky "horké ruce" a dle jejich souboru dat, mohou vyvrátit závěry studie (Gilovich, Vallone a Tversky, 1985) a otočit je proti nim. Výsledky této práce však byly vzápětí vyvráceny Tverským a Gilovichem, autory původní studie, kteří při detailní kontrole dat zjistili záměrné chyby, jež změnilly výsledky celé studie. (Tversky a Gilovich, 1989b) Tversky a Gilovich poté provedli své testy s nově získanými daty, které opět neprokázaly známky "horké ruky" v americké basketbalové lize. Podle jejich závěru se při velkém počtu dat může každou chvíli stát, že hráč může proměnit například devět z deseti pokusů, což může být fakticky vnímáno, že je "horký". Takový názor je však zavádějící, jestliže délka a četnost takových sérií nepřekračují očekávanou pravděpodobnost. (Tversky a Gilovich, 1989a)

Zůstalo tak otázkou, zda výzkum od Giloviche, Valloneho a Tverskyho (1985) poskytuje dostatečné důkazy k odmítnutí existence jevu "horké ruky" v basketbalu. Následující výzkumné práce vyjadřovaly přesvědčení, že statistická síla analýz není dostatečná. Kaplan (1990) argumentoval, že Tversky a jeho kolegové mylně založili své závěry na Bernoulliho modelu o nezávislých, identických experimentech. Binomický model předpokládá, že pro každého hráče jsou pokusy o střelbu nezávislé a že pravděpodobnost úspěchu je u pokusů konstantní. Dle jeho názoru je prostředí hry,

jakou je basketbal, příliš bohaté na spoustu faktorů ovlivňujících hráče a proto jednotlivé pokusy nemůžou mít konstantní pravděpodobnost. Při pocitu "horké ruky" mají hráči tendenci zvyšovat náročnost svých dalších střel, což plyne z jejich rostoucího sebevědomí. Hráči mají zcela odlišnou úspěšnost při smečování míče do koše a střelbou z otočky těsně za hranicí trojkového oblouku. Testování střelby z pole tak není statisticky dost silné, jelikož se pro tyto faktory nedá kontrolovat. Střelbu trestných hodů pak označili Koehler a Conley (2003) za neparadigmatické nastavení pro dosažení "horké ruky". Problém nastává s vysokou úspěšností (u profesionálních hráčů zhruba 75%) a časovými prodlevami mezi jednotlivými hody, což může potlačit vnímání "horké ruky". Pro svůj výzkum tak zvolili soutěž ve střelbě za tři body, která se koná každý rok v rámci NBA All-star víkendu. V této dovedností soutěži se účastníci utkávají v soutěži na 25 střel z pěti různých stanovišť, kde vítězem se stává střelec s největším počtem proměněných hodů. Podmínky soutěže simulují herní prostředí (publikum, konkurenci, vysoké sázky, televizní přenos) a účastní se jí profesionální hráči. Dle jejich názoru se jedná o nejlepší možný kontext pro testování "horké ruky", neboť se jedná o kombinaci kontrolovaného experimentu a skutečných herních podmínek. Pro testování aplikovali obdobné statistické metody jako Gilovich a spol. v roce 1985 na data ze čtyř ročníků trojkařské soutěže. Výsledkem byly další důkazy proti jevu "horké ruky", kdy se nepodařilo objevit žádné signifikantní známky "horké ruky" u žádného z testovaných hráčů. Závěrem autoři prohlásili, že "horká ruka" je pravděpodobně výstižněji považována za komentář k minulému výkonu než jako proroctví o budoucím výkonu.

1.7 Miller a Sanjurjo

První důkazy o existenci "horké ruky" byly nalezeny až ve studii Miller a Sanjurjo (2014), kde autoři potvrdili názor veřejnosti, že ve své kánonické formě víra v efekt "horké ruky" není klam. Motivací autorů nově analyzovat původní data studií byl objev zkreslení v testech podmíněné pravděpodobnosti, jenž byl základním testem dosavadní literatury "horké ruky". Ve studii Miller a Sanjurjo (2016) autoři úspěšně prokázali, že existuje malé, ale podstatné zkreslení ve standardních měřících metodách podmíněné závislosti aktuálních výsledků v závislosti na minulých výsledcích pro data obsahující série. Velikost tohoto zkreslení se obecně zmenšuje pro čím dál více se prodlužující sekvenci, zůstává však podstatná pro rozsah sekvenčních délek, které se často využívají

v empirických pracích. Konkrétněji prokázali, že v konečných sekvencích dat, které jsou generovány opakovanými pokusy s binárními, nezávislými a identicky distribuovanými náhodnými proměnnými, je očekávaný počet úspěšných pokusů, které následují bezprostředně po sérii úspěchů, striktně menší než kolik udává základní pravděpodobnost úspěchu. Toto zkreslení tak dává matematickou podobu pro literaturu zabývající se právě "klamem horké ruky" nebo "klamem hazardního hráče". Dále toto zkreslení poskytuje nové strukturální vysvětlení, jak může důvěra lidí v "zákon malých čísel" přetrvávat tváří v tvář zkušenostem.

V reakci na objev tohoto zkreslení replikovali autoři kontrolovaný experiment dle studie Giloviche a spol. (1985) a představili nové nezkraslené statistické metody, jejichž statistická síla a přesnost vysoce převyšovaly veškeré doposud využívané metody (poprvé zde uvedli i testy pro "ledovou ruku", která je analogickým opakem "horké ruky"). Tyto nové metody odhalily stopy "horké ruky" během kontrolovaného experimentu a tím vyvrátily závěry původní studie o neexistenci jevu "horké ruky". Navíc autoři popsali "efekt horké ruky" jako heterogenní mezi střelci, což naznačuje, že ostatní hráči či trenéři mají zvýšenou intuici, který z hráčů má vyšší tendenci získat "horkou ruku". Následně tuto domněnku potvrdili i pro expertní hráče. V Miller a Sanjurjo (2015) pak navázali na výsledky předchozí práce a prokázali signifikantní známky "horké ruky" při testování veškerých ročníků soutěže "NBA Three-point contest"³, která je považována za ideální testovací prostředí, čímž vyvrátili závěry Koehlera a Conleyho (2003). Z výsledků je navíc patrné, že "horká ruka" nejen existuje, ale dochází k ní v této soutěži velmi pravidelně.

2. Data

2.1 Výběr dat

Přestože pro hledání "horké ruky" v basketbalu většinu napadne sběr dat ze zápasu a jejich následné vyhodnocování, v praxi se tato cesta potýká se značnými problémy. Výsledky mohou být zkresleny z mnoha důvodů. Jedním z nich je fakt, že střelec, který zažívá "horkou ruku", v průběhu zápasu velmi často zvyšuje obtížnost svých střel z důvodu zvýšeného sebevědomí. Dále obrana soupeře velmi často mění taktiku v reakci

³ Oficiální název soutěže ve střelbě trojkových pokusů v zámořské národní basketbalové lize

na "horkou ruku" a zvyšuje počet obránců tohoto hráče, tudíž dochází ke zdvojení a primárně ke zvýšení pozornosti na obranu tohoto hráče, což nutí hráče do situací, kdy musí míč přihrát některému ze spoluhráčů, u kterých v důsledku zdvojení chybí obránce, nebo při zvýšené pozornosti a důslednou obranou hráči vůbec nedovolí míč od spoluhráčů přijmout. Nedostatek střel a dotyků pak často vede k takzvanému "vychladnutí", které přichází po "horké ruce". Proto byla jako základní data zvolena soutěž ve střelbě trojek. Jedná se o soutěž která nejlépe simuluje herní situace, kdy hráči opakovaně provádějí stejný pokus o tříbodovou střelu, nedochází zde však k obraně a hráč tak může "horkou ruku" potvrdit. Soutěž probíhá během zápasu hvězd, tudíž je zde stejná, ne-li lepší kulisa, která reaguje stejně jako při zápase.

2.2 Soutěž ve střelbě trojek v utkání hvězd NBL

Utkání hvězd vzniklo podle vzoru americké NBA v České republice v roce 1995 a od té doby se hraje jednou ročně. Dnes již nedílnou součástí tohoto utkání jsou i dovednostní soutěže ve smečování a střelbě trojek. Původně se této soutěže účastnili pouze muži, ale od roku 2014 se v ní představují pravidelně i ženy. Parametry soutěže jsou nastaveny podobně jako v americké NBA. V každém kole mají střelci připraveno pět stojanů s pěti míči rovnoměrně rozmístěnými podél trojkového oblouku. Trojkový oblouk byl od sezóny 2010/-2011 posunut na vzdálenost 6,75 metrů (předchozí vzdálenost byla 6,25 metrů), v rozích hřiště je pak trojkový oblouk čarou rovnoběžnou s čarou ohraničující konec hřiště na vzdálenost 6.6 metrů, a to z důvodu dostatečného prostoru pro nohy střelce. Obroučka basketbalového koše je ve výšce 3,05 metrů nad palubovkou a má průměr 46 centimetrů. Tyto parametry jsou shodné pro muže i ženy. Muži hrají basketbal s míči o obvodu 75 centimetrů, balon pro ženy je o něco menší, jeho obvod je 72 centimetrů. Muži mají k dispozici časový limit šedesáti sekund k odhodu všech míčů ze všech stanovišť, ženám rozhodčí poskytují delší časový úsek - 75 sekund. Pravidla bodování jsou pro obě pohlaví stejná. Pokud střelec svůj pokus mine, nezíská žádný bod. Při úspěšném hodu získá střelec jeden bod, pokud se jedná o standardní míč. Ovšem může si připsat i dva body při úspěšném pokusu na tzv. "money ballu", jenž se nachází na pátém místě na každém stanovišti a má rozdílnou barvu od standardních míčů. Celkem tedy mají k dispozici dvacet standardních balónů a pět "money ballů". Standardně v posledních ročnících soutěž ve střelbě trojek probíhá ve dvou kolech a účastní se jí osm střelců. Do druhého finálového kola poté vždy postoupí dva nejlepší

střelci z prvního kola. Při rovnosti bodů rozhoduje čas poslední úspěšné střely. Vítěz poté získá trofej a menší finanční obnos, případně věcnou odměnu.

2.3 Sběr dat

Data byla získána z televizních záznamů utkání hvězd od sezóny 2011 do roku 2018. Všechny soutěže tedy spadají pod upravené rozměry trojkového oblouku. Jelikož si basketbal získal v České republice výrazně větší pozornost fanoušků až v posledních letech, jsou určité záznamy z některých ročníků neúplné. V soutěžích z let 2011 a 2012 jsou ve zkrácených televizních záznamech k dispozici pouze finálová kola. Ženy se zúčastnily soutěže spolu s muži v letech 2012, 2015, 2016 a 2017. Celkem si během tohoto období v této dovednostní disciplíně zasoutěžilo dvaatřicet basketbalistů, z nichž mužů bylo 22 a žen 10. Celková průměrná úspěšnost střelby soutěžících byla 48,56%, přičemž pozoruhodně ženy střílely s vyšší průměrnou úspěšností (48,96%) než muži (48,37%). Pro následující analýzu dat byla data zpracována jako tabulka, kde byly zaznamenány (1) v případě přesné střely a (0) v případě neúspěšné. Mezi data byly započítány střely s přešlapem i střely se závěrečným klaksonem, signalizující vypršení časového limitu, které mohly být rozhodčími soutěže neuznány. Tyto rozdílové centimetry či setiny sekundy nemají na střelce vliv, jelikož si jich v procesu střelby vůbec není vědom. Závěrem je třeba zmínit, že při sběru dat byla zaznamenána častá fluktuace soutěžících, plynoucí z nižší kvality české ligy a odchodu kvalitních hráčů, kteří se účastní utkání hvězd, do zahraničí za vyšším výdělkem. Tento faktor bude limitací pro celkové testy následující analýzy celkových výsledků.

3. Metodologie

3.1 Definice testovaných statistik

Pro lepší porozumění metodologie této práce budou nejprve představeny statistiky sérií zásahů a minutí, poprvé definovány autory Millerem a Sanjurjem v literatuře "horké ruky" v díle Miller a Sanjurjo (2014). Následně bude představena statistika tkz. "runů", jež byla poprvé definována ve spojení s "horkou rukou" autory Gilovich a spol. (1985), závěrem této podkapitoly bude představena věta o zkreslení odhadů podmíněné pravděpodobnosti z Miller a Sanjurjo (2016).

Protože jsou naše statistiky definovány v podobě sérií, nejprve definujeme sérii. Necht' S je množina indexů všech střel a $\{x_s\}_{s \in S}$ je série výsledků střel, kde $x_s = 1$, jestliže střela s byla úspěšná, a $x_s = 0$, pokud se jedná o minutý pokus. O sérii pak hovoříme v případě, kdy hráč proměnil k nebo více pokusů v řadě se stejným výsledkem, tj. pokud $x_{s-1} = x_{s-2} = \dots = x_{s-k}$. Pro tuto analýzu byla zvolena hodnota $k = 3$ na základě výzkumu, že intuitivní pocit vzniku série obecně začíná při třetí po sobě proměněné střele. (Koehler a Conley, 2003)

3.1.1 Statistika frekvence sérií zásahů

První koncepce "horké ruky", která se objevuje u hráče častěji, než by se dalo očekávat, kdyby hráč měl konstantní pravděpodobnost úspěšnosti zásahu, je zachycena statistikou frekvence sérií zásahů, H_F , která je definována jako relativní četnost výstřelů, které bezprostředně následují sérii úspěšných pokusů:

$$H_F := \frac{|S_H|}{|S| - 3}$$

kde $|\cdot|$ počítá počet pokusů v množině střel a S_H je podmnožina střel s , které bezprostředně následují po sérii úspěšných pokusů, tj. $S_H = \{s \in S: x_{s-1} = x_{s-2} = x_{s-3} = 1\}$. Jelikož první tři střely nemohly následovat po sérii, jsou odečteny ve jmenovateli. Výpočet $|S_H|$ zahrnuje překrývající se střely, bylo však prokázáno, že má normální asymptotickou distribuci (Miller a Sanjurjo, 2014). Pro ilustraci bylo spočítáno, že u střelce s konstantní úspěšností 50 procent se očekává, že bude mít přibližně 9 ze 100 střel bezprostředně po sérii zásahů, což vede k $H_F = 0.093$.

Před uvedením posledních dvou statistik je potřeba dodefinovat dodatečnou notaci. Sérii po sobě jdoucích úspěšných pokusů ohraničených z každé strany minutou střelou nazýváme anglickým pojmem "run of hits", značený $H_0 \subset S$. Dále necht' $H_0 \subset 2^S$ je sbírka všech "runs of hits" a platí: $H_0 \subset H_0$, pak necht' $|H_0|$ je definována jako délka "run of hits". Pro ilustraci, máme sekvenci výsledků střelby 001011100110, kde $|S| = 12$ a obsahuje tři "run of hits", konkrétně $\{3\}$, $\{5,6,7\}$ a $\{10,11\}$ o odpovídajících délkách 1, 3 a 2.

3.1.2 Statistika délky série zásahu

Druhou koncepcí "horké ruky", jež se zabývá, zdali je zaznamenaná série delší, než by se dalo očekávat, kdyby hráč měl konstantní pravděpodobnost úspěšných zásahů, zachycuje statistika délky série zásahů, H_L , definovaná jako délka nejdelšího "run of hits":

$$H_L := \max_{H_0 \in \mathcal{H}_0} |H_0|$$

Distribuce H_L lze aproximovat normálním rozdělením (Miller, Sanjurjo, 2014). Pro ilustraci bylo spočítáno, že očekávaná maximální délka série zásahů ve vzorku 100 střel od střelce, který proměnil polovinu svých pokusů, je $E(H_L) = 5,93$, přičemž H_L přesahuje hodnotu 10 v méně než 2% případů.

Ke dvěma výše uvedeným statistikám pak existují symetricky definované statistiky sérií minutí, konkrétně statistika frekvence minutí, M_F , a statistika délky série minutí, M_L . Pokud jsou u hráče objeveny signifikantně značné statistiky sérií zásahů, ale statistiky sérií minutí nejsou signifikantně rozdílné od očekávání, pak je možno dojít k závěru, že se u hráče objevila "horká ruka" a nikoliv "ledová ruka".

3.1.3 Statistika "runů"

Navíc ke statistikám sérií zásahů a minutí je potřeba uvést první testovanou statistiku objevující se ve veškeré literatuře zabývající se "horkou rukou" (Gilovich a spol., 1985, Koehler a Conley, 2003), statistiku tkz. "runů", R , definovanou jako celkový počet "run of hits" a "run of misses":

$$R := |H_0| + |M_0|$$

kde $M_0 \subset 2^S$ je množina všech sérií minutí, definovaná analogicky vůči H_0 . To, že tato statistika je měřítkem sériové závislosti prvního řádu, je ilustrována skutečností, že počet sérií v pořadí binárních výstupů je roven počtu střídání (dvojice po sobě jdoucích pokusů s různými výsledky) plus 1. U sekvence výsledků střelby 001011100110 pak

hovoříme o $R = 7$, přičemž $|H_0| = 3$ a $|M_0| = 4$. Pokud je větší pravděpodobnost, než se očekávalo, že zásah následuje zásah (nebo že chybný pokus následuje po chybném pokusu), bude statistika "runů" nižší, než se očekávalo. Tato statistika tak slouží k odhalení tkz. "sériových střelců", tudíž hráčů, u kterých se objevuje "horká" i "ledová" ruka střídavě během střelby. Očekávaný celkový počet sérií od střelce, který zasáhl polovinu svých pokusů, je ve vzorku 100 střel $E(R) = 51$, přičemž R klesne pod 40 v ne více než 2% případů.

Závěrem je uvedena věta definovaná autory Millerem a Sanjurjem, dokazující zkreslení u odhadovaných podmíněných pravděpodobností. Detaily metodologie a důkaz lze najít v Miller a Sanjurjo (2016).

Věta 1: Necht' $\mathbf{X} = \{X_i\}_{i=1}^n$, $n \geq 3$, je sekvence nezávislých Bernoulliho pokusů, každý s pravděpodobností úspěšného zásahu $0 < p < 1$. Necht' $\hat{P}_k(\mathbf{X})$ je podíl úspěšných zásahů v podmnožině pokusů $I_k(\mathbf{X})$, které bezprostředně následují po k sobě jdoucích úspěšných zásazích, tj. $\hat{P}_k(\mathbf{X}) := \sum_{i \in I_k(\mathbf{X})} x_i / |I_k(\mathbf{X})|$. Potom je \hat{P}_k zkreslený odhad $\mathbb{P}(X_t = 1 \mid \prod_{j=t-k}^{t-1} X_j = 1) \equiv p$ pro všechny taková k , pro která platí, že $1 \leq k \leq n - 2$. A platí: $E[\hat{P}_k(\mathbf{X}) | I_k(\mathbf{X}) \neq \emptyset] < p$.

3.2 Empirický postup

Z důvodu motivace této práce, kterou je mimo jiné i snaha o replikaci metody Miller a Sanjurjo (2014) oproti metodě Gilovich a spol. (1985), vychází empirický postup této práce ze dvou empirických strategií, zabývajících se hledáním "horké ruky" u soutěže v trojkové střelbě, a to konkrétně z děl autorů Koehler a Conley (2003) a Miller a Sanjurjo (2015). Postup Koehlera a Conleyho (2003) vychází přímo z postupu Gilovich a kol. (1985), kde původní metoda je doplněna o další variaci jednoho z testů a testovací prostředí je identické s mou prací.

Analýza Koehlera a Conleyho (2003) využívala pro hledání "horké ruky" dva typy statistických testů, z nichž každý má dvě varianty. První typ zahrnuje párový t-test podmíněné pravděpodobnosti, který porovnává rozdíl pravděpodobností zásahů následujících bezprostředně po sérii přesně tří zásahů oproti: (1) základní

pravděpodobnosti zásahu, (2) pravděpodobností zásahů následujících bezprostředně po sérii minutí přesně tří pokusů. Druhým typem je běžný z-test výše definované statistiky "runů", kdy je testován rozdíl mezi skutečnou hodnotou "run" statistiky a očekávanou hodnotou, získanou za pomoci Wald-Wolfowitzova testu, pro hráče s konstantní úspěšností střelby. Hypotéza "horké" či "ledové" ruky pak předpokládá menší hodnotu skutečné statistiky "runů", než je očekávaná hodnota. Pro první variantu testu pak byla všechna kola po 25 střelách pro jednoho hráče sloučena dohromady a přistupovalo se k nim, jako kdyby šlo o kolo jedno. Ve druhé variantě byly testovány výsledky každého kola zvlášť, jako kdyby byly vytvořeny nezávislými střelci.

Miller a Sanjurjo (2014) pak označili tento postup za problematický z několika důvodů. Zaprvé, první typ testu, který reprezentuje klasicky uváděný postup v literatuře "horké ruky", je ovlivněný v důsledku zkreslení, které výrazně odklání odhady efektu "horké ruky" směrem dolů (Věta 1). Velikost tohoto zkreslení je značné. V případě vzorku 25 střel (jedno kolo) se očekává, že u střelce s 50% úspěšností střelby, bude rozdíl mezi pravděpodobností zásahu podmíněnou sérií tří zásahů a pravděpodobností zásahu podmíněnou sérií tří minutí roven 26 negativním procentním bodů (místo nuly). U vzorku 100 střel se u stejného střelce očekává rozdíl 8 negativních procentních bodů (Miller a Sanjurjo, 2015). Zadruhé, druhá varianta prvního typu a druhý typ testů umožňují falešné negativní a falešně pozitivní výsledky "horké ruky" a jsou velice limitovány odlišit "horkou ruku" od "ledové ruky". Test statistiky "runů" je sice schopen detekovat "sériování" v datech, ovšem nedokáže rozpoznat, zdali byla příčinou "horká" či "ledová" ruka.

V důsledku těchto nálezů představili Miller a Sanjurjo (2014) nové testovací statistiky: (1) statistika frekvence sérií zásahů, H_F , (2) statistika délky série zásahů, H_L , (3) statistika frekvence sérií minutí, M_F , (4) statistika délky série minutí, M_L , které byly již výše definovány. Test těchto statistik podstatně zvyšuje statistickou sílu a lépe identifikuje "horkou" a "ledovou" ruku. Pomocí statistik (1) a (2) pak dokáže rozpoznat "horkou ruku" i u hráče, který se na chvíli stává "horký" a zaznamená prodlouženou sérii zásahů, běžně však zaznamenává zvýšenou alternaci mezi úspěšnými a neúspěšnými pokusy.

Postup této práce tedy bude určitou kombinací předchozích testování. Nejprve bude proveden test podmíněné pravděpodobnosti dle Koehlera a Conleyho (2003), kdy bude rozdíl mezi podmíněnými pravděpodobnostmi po sérii tří zásahů a tří minutí testovány standardním t-testem pro potvrzení signifikance rozdílů. Následně bude pro každého individuálního hráče spočítáno zkreslení dle Millera a Sanjurja (2014), které bude odečteno od rozdílu podmíněných pravděpodobností. Tím bude dosaženo nezkraslených výsledků, které budou poté znovu testovány pomocí t-testu. Následně budou testovány veškeré výše definované statistiky sérií úspěšných střel a sérií minutých střel, včetně statistiky "runů" pomocí permutačních testů. Pro tato testování byla zvolena standardní nulová hypotéza (H_0), že hráč nemá "horkou ruku" (nebo "ledovou"), a tím se výkon střelby hráče stává sekvencí nezávislých identicky rozdělených pokusů dle Bernoulliho schéma s pevnou pravděpodobností úspěšnosti střelby. Skutečná pravděpodobnost úspěšnosti střelby hráče tak není pro experimentátora známá. Avšak podle H_0 , která je podmíněná počtem pozorovaných úspěšných zásahů, jsou zaznamenané výsledky střelby hráče zaměnitelné, to znamená, že všechna možná uspořádání výsledných střel jsou stejně pravděpodobná (Miller a Sanjurjo, 2014). V tomto případě se tak jedná o veškerá možná uspořádání čísel 1 a 0, na která byly výsledky střel převedeny. To ovšem znamená, že pro realizovanou sekvenci střel jednoho hráče existuje přesná (diskrétní) distribuce pro každou statistiku popsanou výše podle H_0 a zaměnitelnosti. Spočítání výsledků každé permutace střelby hráče spolu s výpočtem hodnoty testované statistiky pak dává danou distribuci. Metoda pomocí permutačních testů navíc nepodléhá zkreslení, a to z důvodu zahrnutí zkreslení, jak ve výsledku testované statistiky vzorku dat, tak ve výsledku statistiky pro každou permutaci daného vzorku. Ve výsledcích budou uvedeny jednostranné hodnoty p pro alternativní hypotézu (H_A) střelby pomocí "horké ruky" nebo "ledové ruky".

Z důvodu limitace ze strany dat bude analýza rozdělena na dvě testované skupiny. V první skupině budou testovány výsledky hráčů a hráček, kteří se zúčastnili nejméně dvou kol soutěže. Tato skupina čítá 11 soutěžících, kde průměrný počet zaznamenaných hodů mezi střelci je 65, tudíž existuje předpoklad, že se u hráčů nachází více střel následujících jednu ze sérií. Výsledky všech hodů budou sloučeny do jednotného vzorku, který bude následně testován. Toto sloučení zvyšuje přesnost výsledků statistických testů a snižuje hodnotu zkreslení o více než polovinu. Celkové testy pro tuto málopočetnou skupinu budou ovšem statisticky velmi slabé, proto druhá skupina

bude obsahovat výsledky všech hráčů. Druhá skupina obsahuje výsledky všech zaznamenaných kol pro všechny účastníky soutěže ve střelbě trojek. Výsledky pro tuto skupinu ovšem není možné interpretovat jako fakta kvůli potenciálnímu zkreslení. Při permutačních testech takto malých vzorků může být reálná úspěšnost střelby, která není při testech známa, a zachycená úspěšnost střelby velmi rozdílná. Proto je potřeba na uvedené výsledky pro tuto skupinu nahlížet s určitým nadhledem a jejich interpretaci vnímat s ohledy k danému zkreslení. Výsledky a testy jednotlivých statistik této skupiny však umožní srovnání dle pohlaví. Tyto testy s ohledem na možná zkreslení poslouží spíše jako návod pro navazující testování v budoucnu, kdy budou vzhledem k rostoucí oblíbenosti soutěže, soubory dat mnohem obsáhlejší.

4. Výsledky

4.1 Výsledky pro první skupinu dat

Před představením výsledků testů jednotlivých statistik pro první testovanou skupinu je třeba interpretovat výsledky analýzy výkonů těchto hráčů. Průměrná úspěšnost střelby této skupiny byla zhruba 51 procent. Nejlepší průměr úspěšnosti měla dvojnásobná vítězka soutěže Karolína Elhotová (64 procent) a nejhoršího průměru dosáhla Alena Huňková (36 procent). Hráči a hráčky stříleli v průměru nejhůře z prvního stanoviště (45 procent), což může být dáno tím, že se soutěžící snaží během těchto střel o chycení správného tempa a synchronizaci těla. Nejlépe pak stříleli ze stanovišť číslo 3. (53 procent), kde soutěžící stojí kolmo ke koši, a z posledního stanoviště číslo 5., tedy z opačného rohu, než kde začínali (52 procent). Tyto lehce nadprůměrné výsledky mohou být vysvětleny fakty, že při střelbě kolmo ke koši, mohou krátké střely do obroučky spadnout do koše po odrazu od zadní desky. V případě posledního stanoviště pak předpokládám, že zde sehrála roli zvýšená koncentrace a touha zvítězit s vědomím počtu bodů, které průběžně hlásí moderátor soutěže. Rozdíly ovšem nejsou nijak výrazné a mohou být dílem náhody. V případě "money ballů", tedy střel s bonusovým bodem, se u hráčů neprojevila rozdílná úspěšnost proti ostatním střelám.

4.1.1 Analýza podmíněných pravděpodobností

Tabulka číslo 1. obsahuje pozorované podmíněné pravděpodobnosti pro každého sledovaného hráče této skupiny. V šestém sloupci (GVT odhad) jsou k nalezení výsledné rozdíly mezi pravděpodobností úspěchu po sérii tří a více zásahů (třetí sloupec) a sérii tří a více minutů (čtvrtý sloupec). V sedmém sloupci (Zkreslení) jsou uvedeny naměřené hodnoty zkreslení tohoto rozdílu pro každého hráče. Osmý sloupec (upravený odhad) pak představuje hodnoty rozdílů mezi pravděpodobnostmi po úpravě pro zkreslení. Dle nulové hypotézy by předpokládaná hodnota tohoto rozdílu měla být rovna nule pro hráče s konstantní úspěšností zásahů. Při pohledu na naši tabulku je ovšem vidět, že sedm z jedenácti hráčů dosáhlo kladné hodnoty tohoto rozdílu, tedy jejich výkony po sérii tří a více zásahů byly úspěšnější nežli po sérii tří a více minutů. U těchto hráčů tak vzniká podezření pro nálezy "horké ruky". Celkový průměr všech rozdílů upravených odhadů však udává hodnotu $-0,044$, tedy negativní rozdíl. Malé kladné hodnoty jsou převáženy značnými negativními hodnotami zbylých čtyř účastníků. Tato skutečnost tedy nedávala příliš velkou naději pro prokázání "horké ruky" pomocí t-testu, což následně dokázal i výsledek o hodnotě $t = -0,43$ s $p = 0,66$, tedy značně nesignifikantní (a hodnotou $p = 0,34$ pro "ledovou ruku"), který neumožnil zamítnout nulovou hypotézu. Tento test je ovšem pro malý vzorek dat velmi statisticky slabý, navíc pozorované rozdíly určitých hráčů jsou vysoce extrémní z důvodu malého počtu střel následujících po sérii pro určení pravděpodobnosti. Přestože tato analýza nepotvrdila nálezy "horké" či "ledové" ruky, bylo zde možné pozorovat důsledky zkreslení. Před korekturou pro zkreslení byly rozdíly sedmi hráčů záporné a čtyř kladné. Po následné úpravě se tyto poměry obrátily. Při provedení testu dle postupu dřívější literatury (Gilovich a spol., 1985, Koehler a Conley, 2003), tedy t-testu rozdílů podmíněných pravděpodobností bez úpravy pro zkreslení, byl získán výsledek $t = -1,64$ s hodnotou $p = 0,065^*$ pro alternativní hypotézu "ledové ruky". Tedy nulovou hypotézu lze zamítnout při hladině významnosti $\alpha = 0,07$. Je tedy patrné, že postup bez korektury pro zkreslení zvyšuje riziko chyby 1. druhu (falešně pozitivních výsledků), kdy nulová hypotéza je zamítnuta, přestože ve skutečnosti platí.

Tabulka č. 1 - Podmíněné pravděpodobnosti

Jméno	P (zásah)	# střel	P (zásah I 3 vedle)	P (zásah I 3 zásahy)	GVT odhad	Zkreslení	Upravený odhad
Adam Waczyński	0,52	50	0,40	0,25	-0,150	-0,165	0,015
Alena Huňková	0,36	47	0,55	0,00	-0,545	-0,169	-0,376
Alexander Madsen	0,40	50	0,36	0,33	-0,030	-0,165	0,135
Chester Simmons	0,60	50	1,00	0,14	-0,857	-0,163	-0,694
Josef Potoček	0,48	50	0,80	0,25	-0,550	-0,165	-0,385
Karolína Elhotová	0,64	100	0,40	0,64	0,240	-0,098	0,338
Kateřina Elhotová	0,47	100	0,31	0,50	0,192	-0,081	0,273
Luděk Jurečka	0,54	50	0,50	0,56	0,056	-0,165	0,221
Lukáš Palýza	0,49	75	0,33	0,50	0,167	-0,109	0,276
Michal Křemen	0,50	50	0,75	0,25	-0,500	-0,165	-0,335
Pavel Slezák	0,49	100	0,57	0,54	-0,033	-0,078	0,045
Průměr	0,50	65,64	0,54	0,36	-0,18	-0,139	-0,044
Celkový t-test (H_a: "ledová ruka")					p = 0,065*		p = 0,34
Celkový t-test (H_a: "horká ruka")					p = 0,934		p = 0,66

GVT odhad = P (zásah I 3 zásahy) - P (zásah I 3 vedle)

Upravený odhad = GVT odhad - Zkreslení

4.1.2 Analýza statistiky "runů"

Analýza jednotlivých statistik začíná výsledky testů statistiky "runů". Test následující statistiky dokáže určit, zdali testovaný hráč či hráčka má sklony k "sériování". Takový hráč své střely proměňuje a mívá v sériích a dochází u něj k malému počtu alternací mezi výsledky. Právě hráči, kteří bývají označeni pojmem "sériový střelec", bývají často spojováni s "horkou" ale i "ledovou" rukou. V případě prokázání signifikantně menšího počtu "runů" tak vzniká u testovaného subjektu podezření pro nález "horké" či "ledové" ruky. Tabulka číslo 2. obsahuje výsledky permutačních testů individuálně dle každého hráče, kde šestý sloupec obsahuje výsledky statistiky "runů", sedmý sloupec obsahuje očekávané hodnoty pro každého hráče a osmý sloupec výsledky permutačních testů nulové hypotézy, uvedené jako výsledné p-hodnoty. Výsledky testu přinesly pouze jednoho hráče (Lukáše Palyzu), u nějž můžeme hovořit o sklonu k "sériování". Ovšem ani v jeho případě nemůžeme hovořit o jednoznačném zamítnutí nulové hypotézy. Neúspěšné výsledky testování této statistiky ovšem neznamenají konec nadějí pro nález "horké ruky". Zde se projevují limity původních metod, které v případě neúspěšných výsledků dvou doposud provedených testů byly nuceny zamítnout hypotézu o existenci "horké ruky". Tato statistika není schopna rozlišit mezi "horkou" a "ledovou" rukou, navíc není schopna detekovat "horkého hráče", který zažil sérii úspěšných pokusů, po které ovšem následovala zvýšená alternace mezi výsledky dalších střeleckých pokusů. Tato statistika tak slouží spíše k lepší identifikaci podezřelých střelců, než k nálezům "horké ruky". Pro přesnější nálezy "horké" a "ledové" ruky je třeba postoupit k testování následující statistiky.

Tabulka č. 2 - Statistika "runů"

Jméno hráče	P (zásah)	# střel	# zásahů	# minutí	Naměřená hodnota	Očekávaná hodnota	Permutační test
Adam Waczyński	0,52	50	26	24	27	25,96	0,562
Alena Huňková	0,36	47	17	30	22	22,71	0,352
Alexander Madsen	0,40	50	20	30	24	24,99	0,328
Chester Simmons	0,60	50	30	20	26	25,00	0,583
Josef Potoček	0,48	50	24	26	27	25,96	0,563
Karolína Elhotová	0,64	100	64	36	45	47,09	0,283
Kateřina Elhotová	0,47	100	47	53	54	50,82	0,706
Luděk Jurečka	0,54	50	27	23	26	25,84	0,459
Lukáš Palyza	0,49	75	37	38	34	38,50	0,100*
Michal Křemen	0,50	50	25	25	26	26,00	0,443
Pavel Slezák	0,49	100	49	51	49	50,97	0,310
Průměr	0,50	65,64	33,27	32,36	32,73	33,08	

Počet permutací: 500 000, Sloupec Permutační test udává příslušné p-hodnoty

Celkový t-test: $p = 0,29$

** $p \leq 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$ (jednostranně)*

4.1.3 Analýza statistik délky sérií zásahů a minutí

Testováním této statistiky je experimentátor nejlépe schopen určit, zda se u hráče skutečně objevila "horká" či "ledová" ruka. Testování probíhá pro každý typ série separátně a tedy výsledky testování hovoří jasně o "horké" nebo "ledové" ruce. Tabulka číslo 3. obsahuje výsledky permutačních testů pro obě varianty testované statistiky. Čtvrtý sloupec uvádí hodnoty statistiky série úspěšných zásahů. V pátém sloupci pak lze nalézt výsledné p-hodnoty permutačních testů pro "horkou ruku". Z těchto dvou sloupců lze vyčíst, že Pavel Slezák zaznamenal sérii devíti proměněných trojkových pokusů v řadě s hodnotou $p = 0,02^{**}$. U tohoto basketbalisty lze zamítnout nulovou hypotézu, že se jedná o hráče s konstantní úspěšností střelby, proti alternativní hypotéze, že hráč měl "horkou ruku". Jedná se tak o první zaznamenaný důkaz "horké ruky" pro hráče působícího v české Národní basketbalové lize. V případě testování statistiky délky série minutí byli zjištěni dva soutěžící, jejichž výsledky permutačních testů umožňují hovořit o "ledové ruce", a to konkrétně Karolína Elhotová a Adam Waczyński. V případě Karolíny Elhotové se jedná o signifikantní nález ($p = 0,03^{**}$), u Adama Waczyňského pouze o marginálně signifikantní výsledek ($p = 0,09^*$). Z výsledků analýzy statistiky délky sérií jsou jasně patrné výhody nové metody Millera a Sanjurja (2014), která nepodléhá zkreslení. Rozdělení testů pro "horkou" a "ledovou" ruku umožnilo přesné testování signifikance určité série a pomohlo nalézt známky "horké" i "ledové" ruky ve velmi malém vzorku 11 lidí. Pavel Slezák, ani Karolína Elhotová či Adam Waczyński neprokázali během analýzy statistiky "runů" známky "sériování", tudíž se zde bude jednat spíše o ojedinělý jev "horké" či "studené" ruky. Důkaz tohoto tvrzení přinese následující analýza.

Tabulka č. 3 - Statistiky délky sérií zásahů a minutí

Jméno hráče	P (zásahu)	# střel	Naměřená hodnota	Statistika délky série zásahů		Statistika délky série minutí		
				Očekávaná hodnota	Permutační test	Očekávaná hodnota	Permutační test	
Adam Waczyński	0,52	50	4	5,17	0,63	6	4,67	0,09*
Alena Huňková	0,36	47	3	3,39	0,38	6	6,95	0,52
Alexander Madsen	0,40	50	4	3,81	0,22	6	6,38	0,40
Chester Simmons	0,60	50	4	6,38	0,89	3	3,82	0,55
Josef Potoček	0,48	50	4	4,67	0,48	4	5,17	0,63
Karolína Elhotová	0,64	100	7	8,71	0,66	6	4,12	0,03***
Kateřina Elhotová	0,47	100	4	5,48	0,74	6	6,42	0,40
Luděk Jurečka	0,54	50	5	5,45	0,41	4	4,44	0,40
Lukáš Palýza	0,49	75	5	5,42	0,40	6	5,61	0,23
Michal Křemen	0,50	50	4	4,53	0,55	2	3,37	0,55
Pavel Slezák	0,49	100	9	5,78	0,02**	7	6,09	0,16
Průměr	0,50	65,6	4,82	5,34		5,09	5,18	

Počet permutací: 500 000,

Sloupce Permutační test udávají příslušné p-hodnoty

Celkový t-test: $p = 0,87$
(série zásahů)

Celkový t-test: $p = 0,61$
(série minutí)

* $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$ (jednostranné)

4.1.4 Analýza statistik frekvence sérií zásahů a minutí

Test frekvence sérií, jehož výsledky se nacházejí v tabulce číslo 4., potvrdil výše zmíněný předpoklad. U žádného z trojice zmíněných hráčů nebyly naměřeny signifikantní hodnoty těchto statistik. Dané významné série tedy byly spíše ojedinělými případy a hráči znovu nedosahovali stavu "horké" či "ledové" ruky, což potvrzuje výsledky těchto jedinců u testu statistiky "runů". Jediný Lukáš Palyza, který dříve prokázal známky slabé signifikance právě u testu statistiky "runů", nyní vykázal slabé známky signifikance při testu frekvence sérií zásahů ($p = 0,1^*$). Analýza statistiky frekvence zásahů je tedy schopna zachytit "horkou" ruku i v případě hráče, který neodstřílel jednu významnou sérii, ale opětovaně dosáhl stavu "horké ruky" v průběhu soutěže. Jedné se o další aspekt, který předchozí metody nebyly schopny detekovat.

Tabulka č. 4 - Statistiky frekvence sérií zásahů a minutí

Jméno hráče	P (zásahu)	# střel	Statistika frekvence série zásahů				Statistika frekvence série minutí			
			Naměřená hodnota	Očekávaná hodnota	Permutační test	Naměřená hodnota	Očekávaná hodnota	Permutační test	Naměřená hodnota	Očekávaná hodnota
Adam Waczyński	0,52	50	0,04	0,10	0,76	0,06	0,05	0,31		
Alena Huňková	0,36	47	0,00	0,02	0,38	0,14	0,19	0,75		
Alexander Madsen	0,40	50	0,04	0,03	0,27	0,21	0,15	0,13		
Chester Simmons	0,60	50	0,04	0,17	0,97	0,00	0,01	0,55		
Josef Potoček	0,48	50	0,04	0,07	0,59	0,02	0,08	0,76		
Karolína Elhotová	0,64	100	0,23	0,22	0,43	0,03	0,01	0,17		
Kateřina Elhotová	0,47	100	0,06	0,07	0,52	0,12	0,10	0,24		
Luděk Jurečka	0,54	50	0,17	0,11	0,14	0,02	0,04	0,51		
Lukáš Palyza	0,49	75	0,13	0,08	0,10*	0,11	0,08	0,19		
Michal Křemen	0,50	50	0,04	0,09	0,68	0,02	0,06	0,68		
Pavel Slezák	0,49	100	0,09	0,08	0,33	0,08	0,09	0,47		
Průměr	0,50	65,6	0,08	0,10		0,08	0,08			

Počet permutací: 100 000,

Sloupce Permutační test udávají příslušné p-hodnoty

(série zásahů) (série minutí)

Celkový t-test: $p = 0,84$

Celkový t-test: $p = 0,64$

* $p \leq 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$ (jednostranně)

4.1.5 Shrnutí první skupiny

Výsledky veškerých provedených testů první testované skupiny tedy odhalily signifikantní známky "horké ruky" u Pavla Slezáka a slabě signifikantní u Lukáše Palyzy. V případě "ledové ruky" byl nalezen signifikantní výsledek u Karolíny Elhotové a slabě signifikantní u Adama Waczyňského. Výsledky testování celé skupiny dle očekávání, z důvodu malého počtu jedinců ve skupině, nepotvrdily, že se "horká" či "ledová" ruka objevuje v rámci skupiny běžně. Tyto analýzy pomocí párových t-testů, při kterých byly pro každou statistiku testovány naměřené hodnoty vůči očekávaným hodnotám konstantního střelce, nedokázaly zamítnout nulovou hypotézu, že průměrný hráč této skupiny má konstantní úspěšnost střelby.

4.2 Výsledky pro druhou skupinu dat

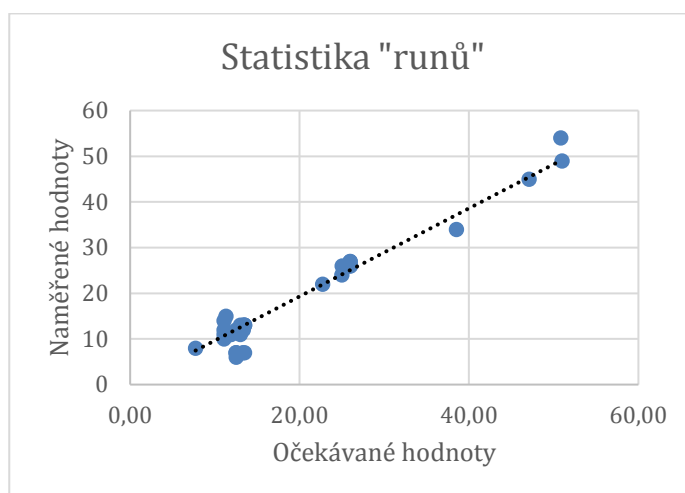
Pro statisticky silnější celkové testy je potřeba zvýšit počet testovaných subjektů. Druhá testovaná skupina tak obsahuje zachycené výkony všech hráčů a hráček. Před uvedením výsledků je nutné znovu uvést, že výsledky permutačních testů mohou podléhat značnému zkreslení. Toto zkreslení vzniká v důsledku malého počtu střel určitých jedinců, kdy například hráč Damian Kulig zaznamenal v rámci svého jediného kola úspěšnost střelby pouhých 28%, přestože během sezóny ve stejném roce jeho průměrná úspěšnost střelby zpoza trojkového oblouku dosáhla hodnoty 47%. Při permutačních testech tohoto hráče tedy dochází k významnému rozdílu mezi skutečnou úspěšností střelby a naměřenou hodnotou, což vede k ovlivněným výsledkům. Přestože závěry testů pro tuto skupinu nemohou být interpretovány jako důkazy o nález "horké" či "ledové" ruky, představí následující analýza návod pro budoucí testování soutěže s větším obsahem dat a možné testování skupin dle pohlaví. Individuální výsledky permutačních testů definovaných statistik zde kvůli zkreslení nebudou analyzovány. V případě zájmu je možné najít veškeré tabulky s výsledky testů v příloze A.

4.2.1 Celková analýza statistiky "runů"

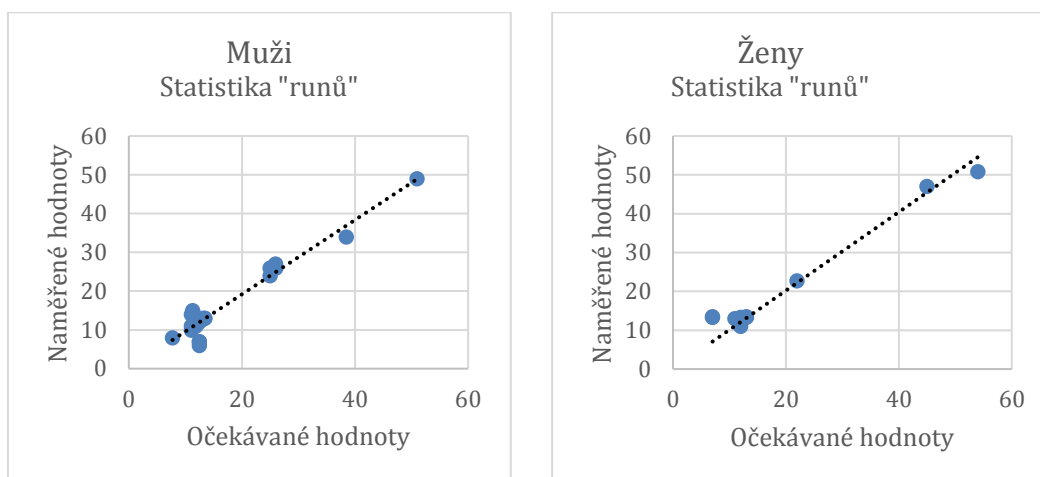
Následující bodové diagramy zachycují výsledky statistiky "runů" pro veškeré zúčastněné hráče a hráčky. Veškerá následující data jsou znázorněna jako množina bodů, jejichž umístění na vodorovné ose udává hodnota průměru distribuce střel podle nulové hypotézy, označená jako "očekávaná hodnota", a umístění na svislé ose udává naměřená hodnota dané statistiky. Černá linie označuje hranici, kdy se naměřené hodnoty rovnají hodnotám očekávaným. V případě výskytu "sériování" u hráče budeme očekávat polohu jeho bodu pod touto hranicí. Zvětšující se vzdálenost mezi bodem a linií pak značí zvýšenou signifikanci dané naměřené hodnoty.

V případě celkového testu druhé skupiny statistiky "runů" tedy můžeme pozorovat, že většina naměřených hodnot neleží příliš daleko od hranice a případné extrémnější hodnoty leží pod hranicí (Graf 1). U těchto extrémů, ležících pod hranicí, lze tedy očekávat signifikantní nálezy pro "sériování". V případě celkového párového t-testu mezi těmito proměnnými pro celou skupinu, byl získán výsledek $t = -2.2958^{**}$ (Příloha A1). V případě nezkreslených výsledků statistik by šlo prohlásit, že k "sériování" dochází u střelců v této skupině zcela běžně. V případě rozdělení této skupiny dle pohlaví, je naměřená hodnota párového t-testu pro ženy rovna hodnotě $p = 0,13$ (Příloha A1). Žen je ovšem v testované skupině pouze deset a síla jejich testu je statistiky slabší než pro muže, kterých je dvakrát více. Muži dosáhli výsledku t-testu hodnoty $p = 0,06^*$, tedy jisté signifikance (Příloha A1). Bodové diagramy pro muže a ženy působí téměř identicky, tudíž pozitivní nález u mužů je pouze důsledkem silnějšího testu (Grafy 2 a 3).

Graf 1:



Grafy 2 a 3:

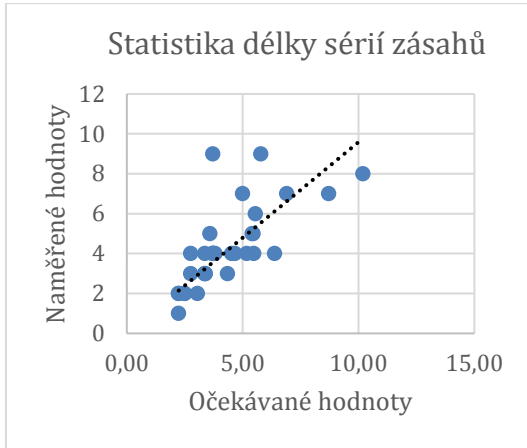


4.2.2. Statistika délky sérií zásahů a minutí

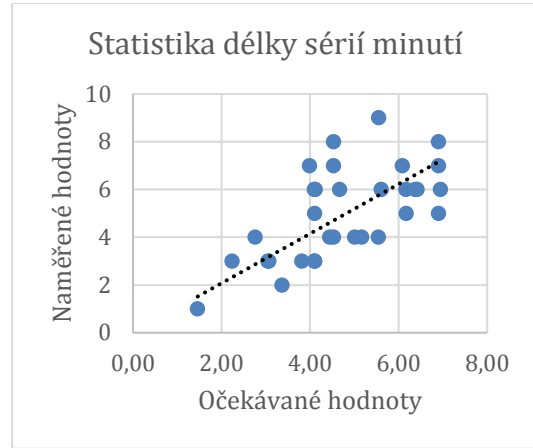
Celková analýza (Příloha A2) pomocí párových t-testů statistik délek nepřinesla signifikantní výsledky pro sérii zásahů ($p = 0.58$), ani pro sérii minutí ($p = 0.17$). Tyto výsledky jsou patrné i z následujících bodových digramů, ze kterých je možno pozorovat téměř symetrické rozdělení podél hranice (Grafy 4 a 5). Znaky "horké" a "ledové" ruky zde značí hodnoty nalevo nahoře od hranice, je tomu tedy naopak než v případě statistiky "runů". V případě rozdělení skupiny dle pohlaví prokázaly ženy u statistiky délky série zásahů mírnou signifikanci ($p = 0,1^*$) a žádnou v případě délky série minutí ($p = 0,29$). Muži neprokázali známky žádné signifikance při párovém t-testu obou variant statistiky ($p = 0,81$ pro sérii zásahů a $p = 0,41$ pro sérii minutí, Příloha A2). U bodového diagramu (Graf 6) statistiky délky sérií zásahů pro ženy lze pozorovat dvě extrémní hodnoty "horké ruky", které nejsou vyváženy extrémními

hodnotami pod hranicí jako v případě zbylých grafů pro muže a statistiky délky sérií minutů pro ženy (Grafy 7,8 a 9).

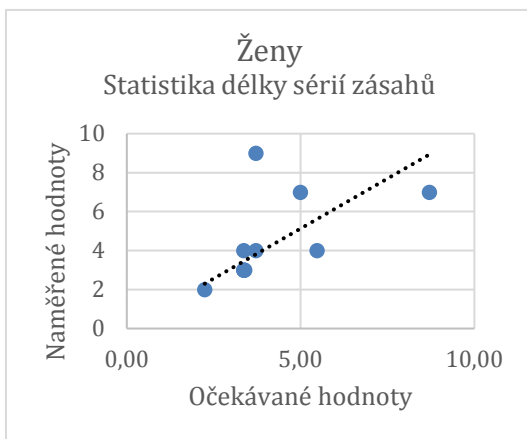
Graf 4:



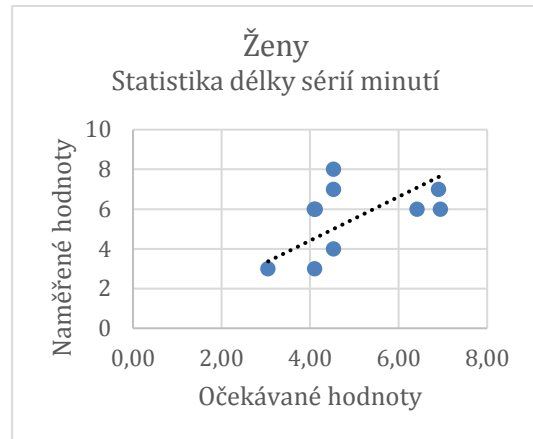
Graf 5:



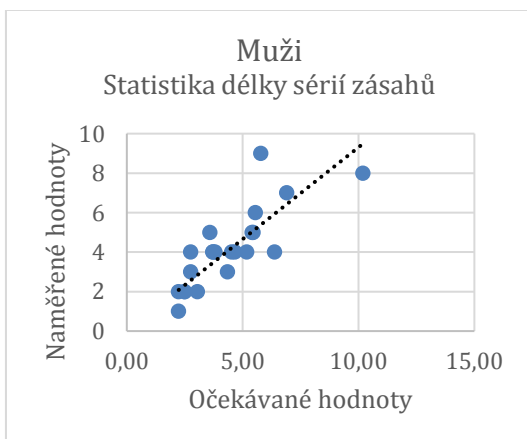
Graf 6:



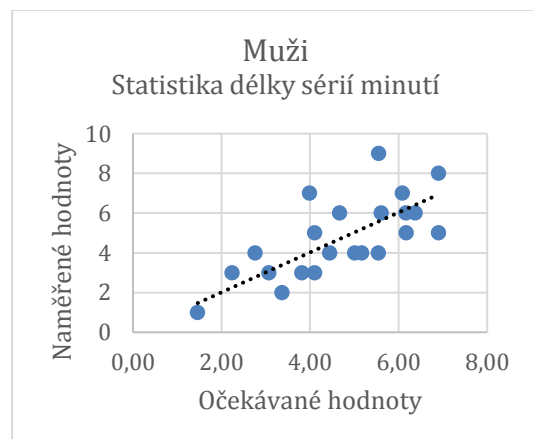
Graf 7:



Graf 8:



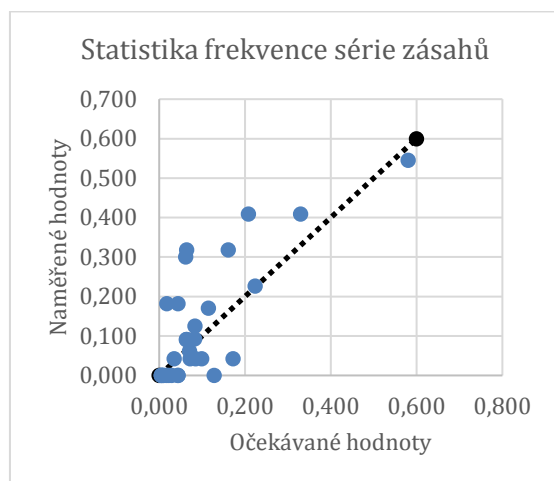
Graf 9:



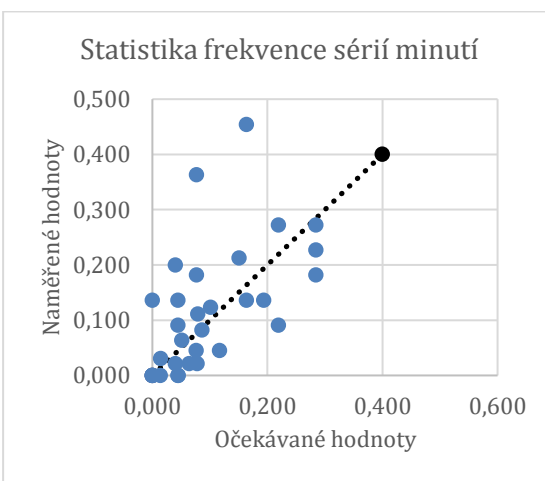
4.2.3 Celková analýza statistik frekvence sérií zásahů a minutí

Celková analýza těchto statistik navázala na výsledky celkové analýzy statistiky "runů" a naznačila slabě signifikantní výsledky párových t-testů pro oba typy sérií, konkrétně $p = 0,07^*$ pro sérii zásahů a $p = 0,09^*$ pro sérii minutí (Příloha A3). Pokud by tedy nebyly naše výsledky zkreslené, dalo by se hovořit o výskytu "horké" a "ledové" ruky v rámci soutěže ve střelbě zpoza trojkového oblouku jako o běžně se vyskytujícím jevu u všech hráčů a hráček. V případě rozdělení testované skupiny dle pohlaví by výsledky pro ženy navzdory výsledkům statistiky "runů" byly úspěšnější než pro muže. Výsledek párového t-testu frekvence sérií zásahů $p = 0,09^*$ lze považovat za slabě signifikantní, zatímco výsledek testu série minutí $p = 0,13$ již nikoli (Příloha A3). Muži nedosáhli signifikantních výsledků ani u jednoho typu testované statistiky ($p = 0,21$ pro oba testy, Příloha A3). Výsledky testů dle pohlaví jsou patrné i z bodových diagramů, kde lze pozorovat extrémní naměřené hodnoty u statistiky frekvence sérií zásahů pro ženy (Grafy 12 a 13), zatímco u mužů jsou body symetricky rozděleny podél linie (Grafy 14 a 15).

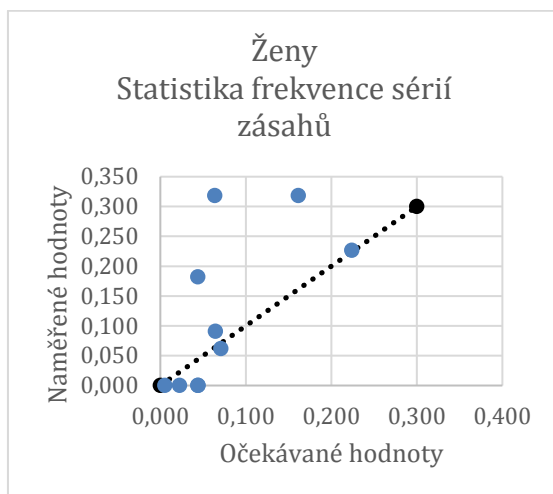
Graf 10:



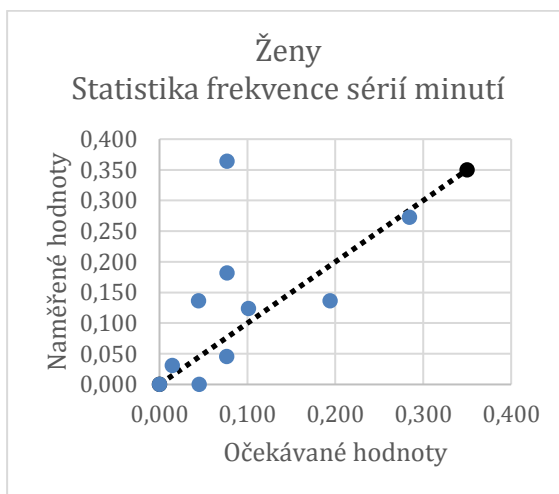
Graf 11:



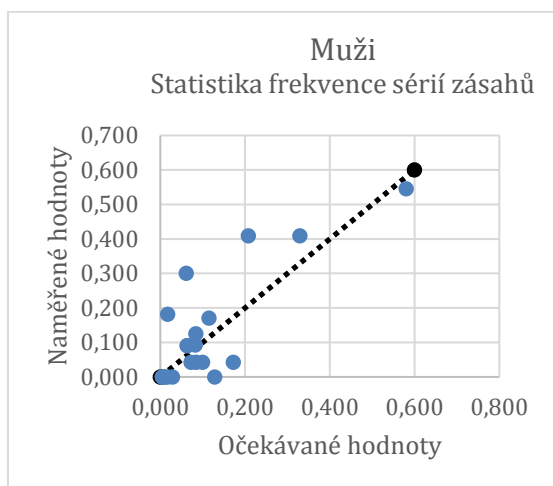
Graf 12:



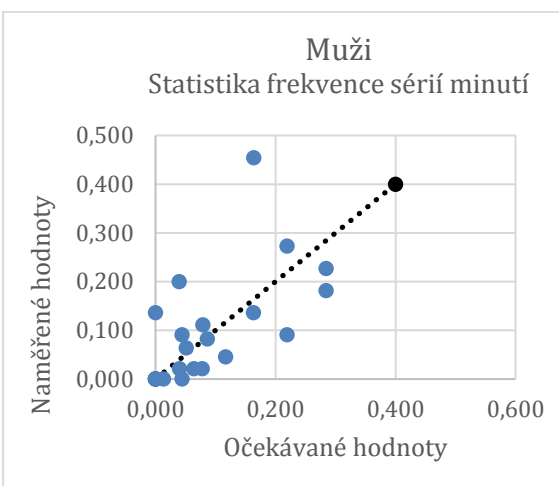
Graf 13:



Graf 14:



Graf 15:



4.2.4 Shrnutí druhé skupiny

Před shrnutím výsledků pro tuto skupinu je potřeba znovu připomenout, že individuální výsledky mnoha hráčů a hráček jsou zkreslené v důsledku malého počtu pozorovaných střel. Tedy nemohou být brány v potaz jako faktické důkazy o nálezů "horké" či "ledové" ruky. Jména zde tedy nebudou uvedena, ovšem z bodových diagramů, kde jsou zobrazeny hodnoty statistik pro všechny z druhé skupiny, jsou patrné extrémní hodnoty značně vzdálené od hranice značící rovnost mezi naměřenou hodnotou a očekávanou hodnotou od konstantního střelce. Tyto extrémní hodnoty naznačují signifikantní nálezy daných statistik vedoucí k zamítnutí nulové hypotézy. Výsledky párových t-testů pro

celou skupinu vykázaly signifikantní nález u statistiky "runů" a následně slabě signifikantní nálezy pro obě varianty statistiky frekvence sérií. Tyto výsledky naznačují, že "sériování" v důsledku častých nálezů "horké" a "ledové" ruky je běžným jevem v testované skupině. V rámci testování dle pohlaví neprokázal mužský vzorek žádné signifikantní výsledky v rámci testování pro "horkou" a "ledovou" ruku. Naopak ženy, které byly v rámci tohoto testu znevýhodněny poloviční velikostí testovaného vzorku oproti mužům, vykázaly drobnou signifikanci výsledků t-testů statistik délky sérií zásahů a frekvence sérií zásahů. V případě nezkrácených výsledků by bylo možné dojít k závěru, že u žen dochází k výskytu "horké ruky" zcela běžně, zatímco u mužů se k tomuto závěru dojít nedá.

Závěr

Tato práce se zabývala studiem existence klamu "horké ruky". V první části této práce byl představen teoretický rámec tohoto klamu, který není mezi laickou veřejností příliš rozšířen. Následně byl uveden značný význam existence klamu "horké ruky" v behaviorální ekonomii a zejména jeho role ve vzniku světové finanční krize v roce 2008. Právě tyto uvedené významy přesahující oblast sportu jsou motivací, proč je potřeba existenci klamu "horké ruky" dále testovat.

Výsledky analýzy první skupiny přinesly první důkazy o existenci "horké" a "ledové" ruky i u méně profesionální ligy než je zámořská NBA. V průběhu analýzy byla prokázána účinnost nových metod autorů Millera a Sanjurja proti předchozím metodám uváděných v literatuře "horké ruky". Definováním a testováním nových statistik bylo umožněno najít stopy "horké ruky" ve dvou různých případech. V prvním případě pomocí statistiky délky série zásahů byla odhalena "horká ruka" u Pavla Slezáka, basketbalisty, který zaznamenal významnou sérii zásahů, ovšem u zbylých pokusů vykázal častou alternaci mezi úspěšnou a minutou střelou. Ve druhém případě se jedná o Lukáše Palyzu, hráče, který dosahoval stavu "horké ruky" často. Nebyl ovšem schopen tento stav déle udržet a tím vyprodukovat prodlouženou sérii zásahů. Poprvé zde byla potvrzena "ledová ruka" u profesionální hráčky Karolíny Elhotové. Následné celkové testy první testované skupiny nepřinesly žádné signifikantní výsledky. Tyto výsledky byly ovšem limitovány ze strany dat. V rámci české NBL dochází k časté fluktuaci hráčů, kdy lepší hráči a hráčky často odcházejí do jiných soutěží za výdělkem. Z toho důvodu bylo přistoupeno na analýzu druhé skupiny, která obsahovala zaznamenané výsledky všech hráčů a hráček.

Analýza druhé skupiny ovšem nastínila možné základy pro budoucí testování skupiny jako celku. Přestože výsledky této skupiny obsahují zkreslení, bylo zajímavé zde sledovat signifikantní výsledky pro ženy, na rozdíl od mužů. V případě nezakreslených výsledků by tak bylo možné hovořit o možnosti, že ženy dosahují stavu "horké" ruky častěji. Právě téma rozdílů mezi muži a ženami a jejich implikace mimo hranice basketbalu by bylo nejzajímavější v budoucnu znovu testovat. Motivací by bylo prokázat, že ženy reagují na stresové situace ("horká ruka" versus "ledová ruka") v

relativně přirozeném prostředí jinak než muži, což naznačuje literatura (Croson a Gneezy, 2009) a (Cahlíková a Cingl, 2013). Soutěž ve střelbě zpoza trojkového oblouku v posledních letech dosahuje stále větší popularity, což dokazují i zkoumané videozáznamy utkání hvězd české NBL. V průběhu posledních let dostávala tato dovedností soutěž stále větší prostor a finále soutěže bývá zlatým hřebem celého zápasu. Je zde tedy předpoklad, že se data i soutěž budou nadále rozšiřovat, což by znamenalo silnější statistické testy. Tento výzkum byl soustředěn na data z poloprofesionální soutěže, jejichž účastníci vedle basketbalu i pracují, byť na zkrácený úvazek. Nález "horké ruky" u poloprofesionálních hráčů se dá označit jako úspěšný mezikrok, na který by bylo zajímavé navázat testováním na úplných amatérech.

Použitá literatura

Adams, R. M. (1992). The "hot hand" revisited: Successful basketball shooting as a function of intershot interval. *Perceptual and motor skills*, 74(3), 934-934.

Bartoszynski, R., & Niewiadomska-Bugaj, M. (2008). *Probability and statistical inference*. John Wiley & Sons.

Cingl, L., & Cahlíková, J. (2013). *Risk preferences under acute stress* (No. 17/2013). IES Working Paper.

Croson, R., & Gneezy, U. (2009). Gender differences in preferences. *Journal of Economic literature*, 47(2), 448-74.

Dohmen, T., Falk, A., Huffman, D., Marklein, F., & Sunde, U. (2009). Biased probability judgment: Evidence of incidence and relationship to economic outcomes from a representative sample. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 72(3), 903-915.

Downey, A. B. (2014). Think stats: pravděpodobnost a statistika pro programátory: verze 1.6.0. Brno: Flow, ISBN 978-80-905480-4-6.

Gilovich, T., Vallone, R., & Tversky, A. (1985). The hot hand in basketball: On the misperception of random sequences. *Cognitive psychology*, 17(3), 295-314.

Goetzmann, W. N., & Kumar, A. (2008). Equity portfolio diversification. *Review of Finance*, 433-463.

Haselton, M. G., Nettle, D., & Murray, D. R. (2005). The evolution of cognitive bias. *The handbook of evolutionary psychology*.

Kaplan, J. (1990): More on the "Hot Hand.". *Chance*. 1992, 934(74). 3(3), 6-7.

Koehler, J. J., & Conley, C. A. (2003). The "hot hand" myth in professional basketball. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 25(2), 253-259.

Kracík, L. (2015). CDO se vrací zpět do hry. Už žádné „přehřáté“ hypotéky [online]. 11. 12. 2015 ISSN 1213-4414

Larkey, P. D., Smith, R. A., & Kadane, J. B. (1989). It's okay to believe in the "hot hand". *Chance*, 2(4), 22-30.

Malkiel, B. G. (2005). Reflections on the efficient market hypothesis: 30 years later. *Financial Review*, 40(1), 1-9.

Miller, J. B., & Sanjurjo, A. (2014). A cold shower for the hot hand fallacy.

Miller, J. B., & Sanjurjo, A. (2015). Is It a Fallacy to Believe in the Hot Hand in the NBA Three-Point Contest?.

Miller, J. B., & Sanjurjo, A. (2016). Surprised by the gambler's and hot hand fallacies? A truth in the law of small numbers.

Shaw, J. M., Dziewaltowski, D. A., & McElroy, M. (1992). Self-efficacy and causal attributions as mediators of perceptions of psychological momentum. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 14(2), 134-147.

Stöckl, T., Huber, J., Kirchler, M., & Lindner, F. (2015). Hot hand and gambler's fallacy in teams: Evidence from investment experiments. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 117, 327-339.

Sundali, J., & Croson, R. (2006). Biases in casino betting: The hot hand and the gambler's fallacy. *Judgment and Decision Making*, 1(1), 1.

Thaler, R. H. (2015): In: *Youtube* [online]. 25.10.2017 [cit. 2018-05-06]
Dostupné z: <http://youtube.com/watch?v=AUM59Eh6vTw&t=23s>. Kanál uživatele *Easy Math with Prateek*

Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (1999). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. New Haven, CT Yale University Press.

Tversky, A., & Gilovich, T. (1989a). The cold facts about the "hot hand" in basketball. *Chance*, 2(1), 16-21.

Tversky, A., & Gilovich, T. (1989b). The "hot hand": Statistical reality or cognitive illusion?. *Chance*, 2(4), 31-34.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *science*, 185(4157), 1124-1131.

Seznam příloh

Příloha A: Výsledky individuální analýzy druhé skupiny:

A1: Statistika „runů“ (tabulka)

A2: Statistika délky série zásahů a minutí (tabulka)

A3: Statistika frekvence sérií zásahů a minutí (tabulka)

Přílohy

Příloha A1:

Tabulka č. 6 - Statistika "runů"

Jméno hráče	P (zásah)	# střel	# zásahů	# minutí	Naměřená hodnota	Očekávaná hodnota	Permutační test
Adam Waczyński	0,52	50	26	24	27	25,96	0,562
Alena Huňková	0,36	47	17	30	22	22,71	0,352
Alexander Madsen	0,40	50	20	30	24	24,99	0,328
Andrea Ovsíková	0,44	25	11	14	7	13,32	0,002***
Bojan Bakič	0,57	21	12	9	15	11,28	0,932
Damian Kulig	0,28	25	7	18	14	11,08	0,909
Daniel Szarowsky	0,36	25	9	16	6	12,52	0,001***
Darína Mišurová	0,60	25	15	10	11	13,00	0,145
Chester Simmons	0,60	50	30	20	26	25,00	0,583
James Tucker	0,48	25	12	13	13	13,48	0,348
Jaromír Boháček	0,28	25	7	18	11	11,08	0,363
Josef Potoček	0,48	50	24	26	27	25,96	0,563
Joseph Wall	0,32	25	8	17	11	11,88	0,253
Josh Treadwell	0,36	25	9	16	12	12,52	0,325
Karolína Elhotová	0,64	100	64	36	45	47,09	0,283
Kateřina Elhotová	0,47	100	47	53	54	50,82	0,706
Kateřina Zavázalová	0,44	25	11	14	13	13,32	0,368
Luděk Jurečka	0,54	50	27	23	26	25,84	0,459
Lukáš Palyza	0,49	75	37	38	34	38,50	0,100*
Matěj Svoboda	0,48	25	12	13	13	13,48	0,348
Michaela Stejskalová	0,28	25	7	18	12	11,07	0,586
Michal Křemen	0,50	50	25	25	26	26,00	0,443
Milena Prokešová	0,48	25	12	13	13	13,48	0,347
Pavel Miloš	0,72	25	18	7	10	11,08	0,214
Pavel Slezák	0,49	100	49	51	49	50,97	0,310
Przemyslaw Zamojski	0,48	23	11	12	7	12,48	0,005***
Stanislav Votroubek	0,64	25	16	9	7	12,52	0,004***
Tatsiana Likhartovich	0,44	25	11	14	12	13,33	0,224
Tereza Pecková	0,48	25	12	13	7	13,48	0,002***
Terrell Lipkins	0,32	25	8	17	11	11,88	0,252
Tomáš Teplý	0,84	25	21	4	8	7,72	0,437
Vojtěch Hruban	0,40	25	10	15	13	13,00	0,414
Průměr	0,47	38,78	18,91	19,88	18,31	19,40	

Počet permutací: 500 000

* $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$ (jednostranné)

• ženy

• muži

Párový t-test :

Všichni: $p = 0,014^{**}$

Ženy: $p = 0,13$

Muži: $p = 0,06^{*}$

Tabulka č. 7 - Statistika délký sérií zásahů a minutí

Jméno hráče	P (zásahu)	# střel	Statistika délký série zásahů			Statistika délký série minutí		
			Naměřená hodnota	Očekávaná hodnota	Permutační test	Naměřená hodnota	Očekávaná hodnota	Permutační test
Adam Waczyński	0,52	50	4	5,17	0,628	6	4,67	0,092*
Alena Huňková	0,36	47	3	3,39	0,377	6	6,95	0,518
Alexander Madsen	0,40	50	4	3,81	0,219	6	6,38	0,396
Andrea Ovsíková	0,44	25	4	3,37	0,130	8	4,53	0,012**
Bojan Bakič	0,57	21	3	4,34	0,718	3	3,07	0,269
Damian Kulig	0,28	25	1	2,24	0,895	8	6,90	0,191
Daniel Szarowsky	0,36	25	4	2,76	0,040**	9	5,55	0,024
Darina Mišurová	0,60	25	7	5,00	0,066*	3	3,05	0,261
Chester Simmons	0,60	50	4	6,38	0,886	3	3,82	0,548
James Tucker	0,48	25	4	3,72	0,207	5	4,10	0,125
Jaromír Boháček	0,28	25	2	2,24	0,283	5	6,91	0,740
Josef Potoček	0,48	50	4	4,67	0,476	4	5,17	0,629
Joseph Wall	0,32	25	2	2,49	0,416	6	6,17	0,359
Josh Treadwell	0,36	25	3	2,76	0,168	4	5,54	0,712
Karolína Elhotová	0,64	100	7	8,71	0,662	6	4,12	0,034**
Kateřina Elhotová	0,47	100	4	5,48	0,741	6	6,42	0,404
Kateřina Závázalová	0,44	25	3	3,37	0,376	4	4,53	0,432
Luděk Jurečka	0,54	50	5	5,45	0,408	4	4,44	0,405
Lukáš Palýza	0,49	75	5	5,42	0,400	6	5,61	0,229
Matěj Svoboda	0,48	25	4	3,72	0,206	3	4,11	0,642
Michaela Stejskalová	0,28	25	2	2,24	0,282	7	6,90	0,322
Michal Křemen	0,50	50	4	4,53	0,553	2	3,37	0,553
Milena Prokešová	0,48	25	4	3,72	0,206	3	4,11	0,642
Pavel Miloš	0,72	25	7	6,90	0,323	3	2,24	0,053*
Pavel Slezák	0,49	100	9	5,78	0,024**	7	6,09	0,164
Przemysław Zamojski	0,48	23	5	3,59	0,059*	7	3,99	0,012**
Stanislav Votroubek	0,64	25	6	5,55	0,237	4	2,76	0,040
Tatiana Likhartových	0,44	25	3	3,37	0,375	7	4,53	0,033**
Tereza Pecková	0,48	25	9	3,72	0,001***	6	4,10	0,047**
Terrell Lipkins	0,32	25	2	2,50	0,414	5	6,17	0,586
Tomáš Teplý	0,84	25	8	10,20	0,690	1	1,46	0,421
Vojtěch Hruban	0,40	25	2	3,05	0,695	4	5,01	0,571
Průměr	0,47	38,78	4,31	4,36	Všichni: p = 0,58	5,03	4,77	Všichni: p = 0,17

Počet permutací: 500 000

* p < 0,10, ** p < 0,05, *** p < 0,01 (jednostranně)

• ženy

• muži

Párový t-test:
(série zásahů)

Všichni: p = 0,58
Ženy: p = 0,1*
Muži: p = 0,81

Párový t-test:
(série minutí)

Všichni: p = 0,17
Ženy: p = 0,29
Muži: p = 0,41

Příloha A2:

Tabulka č. 8 - Statisticky frekvence sérií zásahů a minut

Jméno hráče	P (zásahu)	# střel	Statistika frekvence série zásahů			Statistika frekvence série minut		
			Naměřená hodnota	Očekávaná hodnota	Permutační test	Naměřená hodnota	Očekávaná hodnota	Permutační test
Adam Waczyński	0,52	50	0,043	0,100	0,762	0,064	0,051	0,310
Alena Huřková	0,36	47	0,000	0,023	0,376	0,136	0,194	0,748
Alexander Madsen	0,40	50	0,043	0,035	0,266	0,213	0,151	0,131
Andrea Ovsíková	0,44	25	0,182	0,044	0,015**	0,364	0,077	0,001***
Bojan Bakić	0,57	21	0,000	0,129	0,718	0,000	0,000	0,270
Damian Kulig	0,28	25	0,000	0,005	0,052*	0,227	0,285	0,639
Daniel Szarowsky	0,36	25	0,182	0,018	0,001***	0,455	0,164	0,001***
Darina Mišurová	0,60	25	0,318	0,162	0,033**	0,000	0,000	0,259
Chester Simmons	0,60	50	0,043	0,173	0,965	0,000	0,014	0,550
James Tucker	0,48	25	0,091	0,064	0,230	0,091	0,045	0,203
Jaromír Boháček	0,28	25	0,000	0,005	0,053*	0,182	0,284	0,785
Josef Potoček	0,48	50	0,043	0,073	0,594	0,021	0,078	0,760
Joseph Wall	0,32	25	0,000	0,010	0,098*	0,273	0,220	0,233
Josh Treadwell	0,36	25	0,000	0,018	0,167	0,136	0,164	0,518
Karolína Elhotová	0,64	100	0,227	0,224	0,429	0,031	0,015	0,173
Kateřina Elhotová	0,47	100	0,062	0,071	0,521	0,124	0,101	0,243
Kateřina Zavadalová	0,44	25	0,000	0,044	0,373	0,045	0,077	0,500
Luděk Jurečka	0,54	50	0,170	0,115	0,135	0,021	0,040	0,506
Lukáš Palýza	0,49	75	0,125	0,084	0,100*	0,111	0,079	0,186
Matěj Svoboda	0,48	25	0,091	0,064	0,232	0,000	0,045	0,645
Michaela Stejskalová	0,28	25	0,000	0,005	0,052*	0,273	0,284	0,467
Michal Křemen	0,50	50	0,043	0,085	0,679	0,021	0,064	0,682
Millena Prokešová	0,48	25	0,091	0,064	0,229	0,000	0,045	0,643
Pavel Miliš	0,72	25	0,409	0,330	0,157	0,000	0,000	0,053*
Pavel Slezák	0,49	100	0,093	0,083	0,333	0,082	0,086	0,473
Przemysław Zamojski	0,48	23	0,300	0,062	0,001***	0,200	0,040	0,023**
Stanislav Votrúbek	0,64	25	0,409	0,208	0,011**	0,136	0,000	0,002***
Tatiana Likhartovich	0,44	25	0,000	0,044	0,374	0,182	0,077	0,084*
Tereza Pecková	0,48	25	0,318	0,064	0,001***	0,136	0,044	0,095*
Terrell Lipkins	0,32	25	0,000	0,010	0,099*	0,091	0,219	0,852
Tomáš Teplý	0,84	25	0,545	0,581	0,564	0,000	0,000	0,002***
Vojtěch Hruban	0,40	25	0,000	0,029	0,260	0,045	0,117	0,658
Průměr	0,47	38,78	0,12	0,09		0,11	0,10	

Počet permutací: 100 000

* p < 0,10, ** p < 0,05, *** p < 0,01 (jednostranně)

• ženy

• muži

Párový t-test :
(série zásahů)

Všichni: p = 0,07*
Ženy: p = 0,09*
Muži: p = 0,21

Párový t-test :
(série minut)

Všichni: p = 0,09*
Ženy: p = 0,13
Muži: p = 0,21

Příloha A3: