

MASARYKOVA UNIVERZITA

Fakulta sportovních studií

Katedra kineziologie

**Diagnostika výkonnostních předpokladů ve sportu**

(Možnosti využití fuzzy teorie)

**Diplomová práce**

Vedoucí diplomové práce:  
doc. RNDr. Jiří Zháněl, Dr.

Vypracoval:  
Bc. Antonín Zderčík  
UTV -KT

Brno, 2017

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Jiřího Zháněla, Dr. a uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Brně dne 2. 5. 2017

podpis

Tato práce vznikla za odborného dohledu doc. RNDr. Jiřího Zháněla, Dr.,  
jemuž bych tímto chtěl poděkovat za vstřícnost při vyhledávání podkladů a za  
pomoc při řešení problémů.

Mé poděkování patří i rodině, která mě při práci podporovala a pomáhala  
vytvořit podmínky pro dokončení práce.

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| <b>Úvod</b> .....                                  | 6  |
| <b>1 Syntéza poznatků</b> .....                    | 7  |
| 1.1 Sportovní výkon .....                          | 7  |
| 1.1.1 Struktura sportovního výkonu .....           | 8  |
| 1.2 Motorika .....                                 | 14 |
| 1.3 Motorické schopnosti .....                     | 15 |
| 1.3.1 Vytrvalostní schopnosti .....                | 17 |
| 1.3.2 Flexibilita (pohyblivost, ohebnost).....     | 20 |
| 1.3.3 Silové schopnosti .....                      | 22 |
| 1.3.4 Rychlostní schopnosti.....                   | 23 |
| 1.3.5 Koordinační schopnosti .....                 | 25 |
| 1.4 Motorické dovednosti.....                      | 26 |
| 1.5 Sportovní výkon v tenise .....                 | 27 |
| 1.6 Fuzzy teorie množin .....                      | 30 |
| 1.6.1 Klasická teorie množin .....                 | 30 |
| 1.6.2 Fuzzy množiny .....                          | 31 |
| 1.6.3 Definice fuzzy množiny.....                  | 33 |
| 1.6.4 Aplikace fuzzy teorie.....                   | 35 |
| 1.6.5 Aplikace fuzzy teorie ve sportu .....        | 35 |
| 1.7 Software a fuzzy teorie .....                  | 36 |
| 1.7.1 Nefrit.....                                  | 36 |
| 1.7.2 FuzzyTECH .....                              | 36 |
| 1.7.3 FuzzME .....                                 | 36 |
| <b>2 Cíle a hypotézy</b> .....                     | 38 |
| 2.1 Formulace a zdůvodnění výzkumného záměru ..... | 38 |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.2      | Výzkumné otázky .....                                    | 38        |
| 2.3      | Hypotézy .....   | 38        |
| 2.4      | Dílčí cíle výzkumu .....                                 | 38        |
| 2.5      | Výzkumný soubor .....                                    | 39        |
| 2.6      | Měřicí procedury a metody sběru dat.....                 | 39        |
| 2.7      | Metoda analýzy dat .....                                 | 40        |
| <b>3</b> | <b>Výsledky .....</b>                                    | <b>41</b> |
| 3.1      | Pravděpodobnostní přístup .....                          | 42        |
| 3.2      | Fuzzy přístup .....                                      | 43        |
| 3.2.1    | Výpočet stupně příslušnosti pomocí softwaru FuzzME ..... | 48        |
| 3.2.2    | Porovnání pravděpodobnostního a fuzzy přístupu .....     | 52        |
| <b>4</b> | <b>Diskuze.....</b>                                      | <b>55</b> |
| <b>5</b> | <b>Závěr .....</b>                                       | <b>56</b> |
| <b>6</b> | <b>Seznam použitých zdrojů.....</b>                      | <b>57</b> |
| <b>7</b> | <b>Seznam obrázků .....</b>                              | <b>61</b> |
| <b>8</b> | <b>Seznam tabulek.....</b>                               | <b>62</b> |
| <b>9</b> | <b>Přílohy.....</b>                                      | <b>63</b> |
|          | <b>Resumé .....</b>                                      | <b>69</b> |

## Úvod

Diagnostika motorických schopností a dovedností u sportovců je velice důležitá. Díky jejím výsledkům lze například nastavit trénink tak, aby sportovec co nejefektivněji zlepšoval svoji výkonnost. Při výběru sportovních talentů je diagnostika často orientována na zjišťování úrovně motorických schopností jedince. Je nutné dodat, že vysoká úroveň motorických schopností jedince vždy nemusí znamenat výborného sportovce, jelikož se jedná pouze o jeden z faktorů sportovního výkonu. Nicméně diagnostika výkonnostních předpokladů v jakémkoliv sportu nám může ukázat, kteří jedinci by mohli být úspěšnými sportovci při správně vedeném tréninku.

Většina diagnostických přístupů zpracovává data klasickou metodou pomocí pravděpodobnostního přístupu, jsou však známé i další metody hodnocení a jednou z těchto metod je hodnocení s využitím teorie fuzzy logiky a fuzzy množin. Tento přístup byl zvolen v předložené diplomové práci k hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů ve sportu, konkrétně v tenisu. V práci jsou srovnávány výsledky získané klasickým pravděpodobnostním přístupem a přístupem s využitím fuzzy logiky.

Tenis je jeden z nejoblíbenějších sportů. Mohou ho vykonávat sportovci na všech výkonnostních úrovních a všech věkových skupin. Sportovní výkon v tenise je ovlivňován řadou faktorů. Pro potřeby Českého tenisového svazu byla pro testování nejdůležitějších motorických a antropometrických faktorů vytvořena testová baterie TENDIAG1. Výsledky z této testové baterie z let 2000-2014 jsem využil ve své práci.

Moderní technologie pronikly také do světa sportu, v dnešní době už téměř v každé sportovní disciplíně lze využít nějakého počítačového softwaru. Také pro diagnostiku úrovně výkonnostních předpokladů už byly využity různé softwary. Ve své práci hodnotím výzkumná data pomocí softwaru FuzzME, který byl vyvinut na UP v Olomouci.

# 1 Syntéza poznatků

## 1.1 Sportovní výkon

Sportovní výkon je považován za jeden ze základních pojmů sportu a sportovního tréninku. Pozornost tomuto pojmu věnují sportovci, trenéři, ale i další odborníci. Pro trénink sportovců má hlubší znalost tohoto pojmu zásadní význam (Dovalil et al., 2012). Sportovní výkon chápeme i jako hlavní prostředek pro tělesné zdokonalení formování osobnosti sportovce (Hellebrandt, 2014).

*„Obecně můžeme výkon definovat jako výsledek určité činnosti v daném čase a podmínkách“* (Měkota & Cuberek, 2007, 105).

*„Sportovní výkon lze definovat jako výsledek specializovaných pohybových činností zaměřených na řešení úloh vymezených pravidly, je finálním a integrálním projevem vnitřních schopností sportovce, který ovlivňuje také působení dalších vnějších činitelů“* (Moravec et al., 2007, 18).

Korvas a Bedřich (2014) uvádí, že sportovní výkon komplexně charakterizuje připravenost sportovce na výkon. Je výsledkem mnoha změn v motorických, biologických a psychologických funkcích, které jsou vyvolány tréninkovým procesem. Tyto funkce tvoří aktuální výkonnostní potenciál. Jako trénovanost označujeme projev pohybového potenciálu a tréninkem rozvinuté systémy organismu sportovce, v integrované podobě mluvíme o tzv. sportovní formě.

Dle Dovalila et al. (2012) se sportovní výkony uskutečňují ve specifických činnostech, přičemž jejich obsahem je řešení úloh vymezených pravidly daného sportu, a ve kterých se sportovec snaží o co největší uplatnění výkonových předpokladů. Tyto specifické činnosti bývají ovlivňovány vnějšími podmínkami a také kladou požadavky na organismus člověka i jeho osobnost. Charakteristické pro podání vysokého výkonu je dokonalá koordinace provedení, jeho základem je projev mnoha tělesných a psychických funkcí jedince podpořený výkonovou motivací. Lze rozlišovat průběh činnosti a výsledek činnosti. V různých sportovních odvětvích se výsledek činnosti hodnotí různě. U sportů to mohou být fyzikální jednotky (např. čas, vzdálenost), počet zásahů (např. branky, koše), dosažení finální situace (např. znemožnění odporu soupeře), subjektivní ocenění (např. body) nebo kombinace uvedených způsobů. Podávat opakovaně výkon na

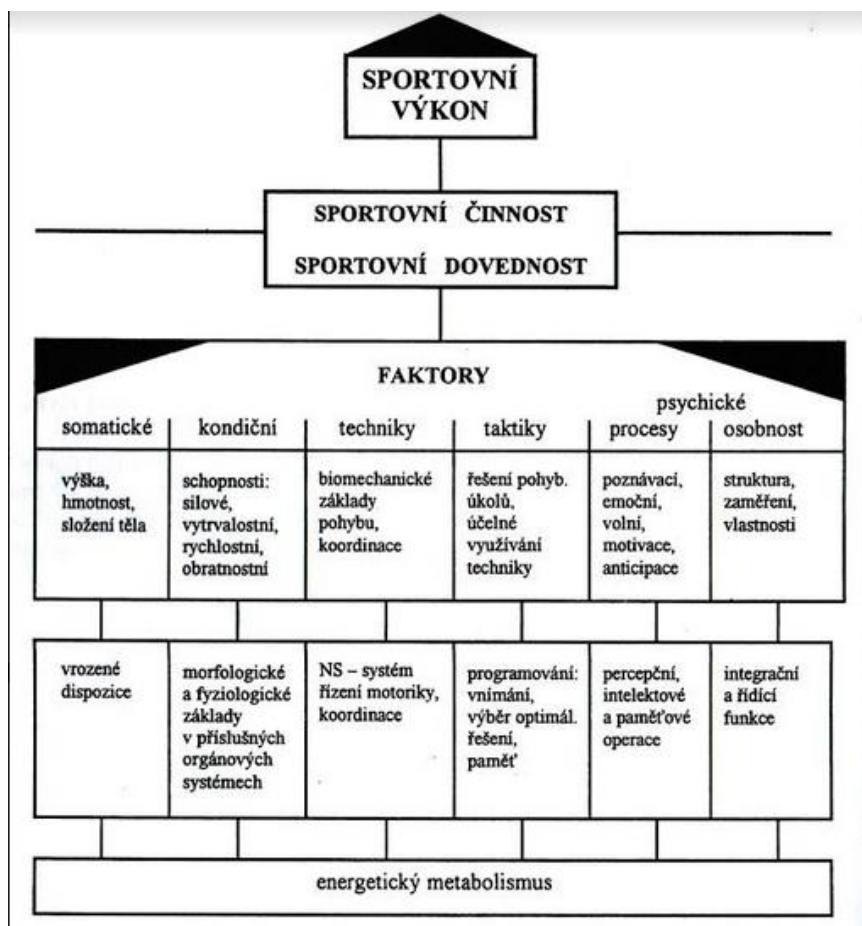
relativně stálé úrovni se nazývá sportovní výkonnost. Sportovní výkonnost se utváří dlouhodobě. Je výsledkem přirozeného růstu a vývoje jedince, také vlivu prostředí a určitě také samotného sportovního tréninku. Vrozené dispozice (vlohy, talent) se projevují na různých úrovních organismu a mohou mít význam pro zvýšení sportovních výkonů. Tyto vrozené dispozice se dělí na morfologické, fyziologické a psychologické. Mezi morfologické patří například tělesná výška, mezi fyziologické například transportní kapacita pro kyslík, mezi psychologické například temperament či intelektové schopnosti. Vrozené dispozice se částečně přizpůsobují vlivům prostředí, ve kterém jedinec vyrůstá. Přírodní a sociální podmínky prostředí, ve kterém jedinec vyrůstá, se podílejí na rozvoji jedince po tělesné, duševní i sociální stránce. To může ovlivnit předpoklady pro pozdější výkony. Sportovním tréninkem ovlivňujeme výkonnostní růst jedince tak, aby se zvyšovala trénovanost, která je základem aktuálního sportovního výkonu.

### **1.1.1 Struktura sportovního výkonu**

Sportovní výkon lze chápat jako vymezený systém prvků, který má určitou strukturu. Prvky systému mohou být somatické, fyziologické, motorické, psychické a další. Některé se dají dobře identifikovat, například somatické znaky, a jiné jsou na identifikaci složitější, například koordinační schopnosti. Tyto prvky lze také nazvat komponenty, determinanty sportovního výkonu či faktory. Ve struktuře sportovního výkonu rozeznáváme faktory somatické, kondiční, technické, taktické a psychické. Z hlediska struktury lze každý sportovní výkon charakterizovat počtem a uspořádáním faktorů. Rozlišujeme monofaktoriální sportovní výkony, kde převážně dominuje jeden faktor, a multifaktoriální výkony, kdy je zastoupeno více faktorů. I přes odlišnosti sportovních výkonů lze vytvářet určité modely, které nám poskytnou obraz obsahu sportovních výkonů (Dovalil et al., 2012). Hohmann, Lames a Letzelter (2010) uvádí, že až na základě těchto modelů se dají odvodit vědecky zdůvodněná doporučení pro sportovní trénink. Tyto strukturální modely mají určit podstatné složky soutěžního výkonu a integrovat výkonnostní předpoklady, které hrají určitou roli při plnění soutěžního výkonu. Dovalil et al. (2012) představují model, který popisuje soubor možných faktorů výkonu a jejich souvislosti (Obr. 1). Vychází z neurofyziologických

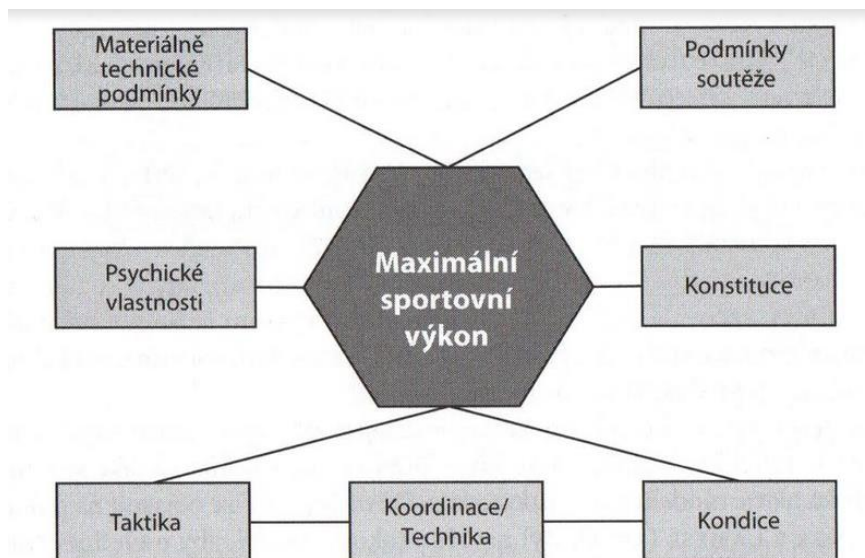


mechanismů pohybových činností a bere v úvahu i poznatky z anatomie lidského těla a taktéž poznatky o lidské psychice.



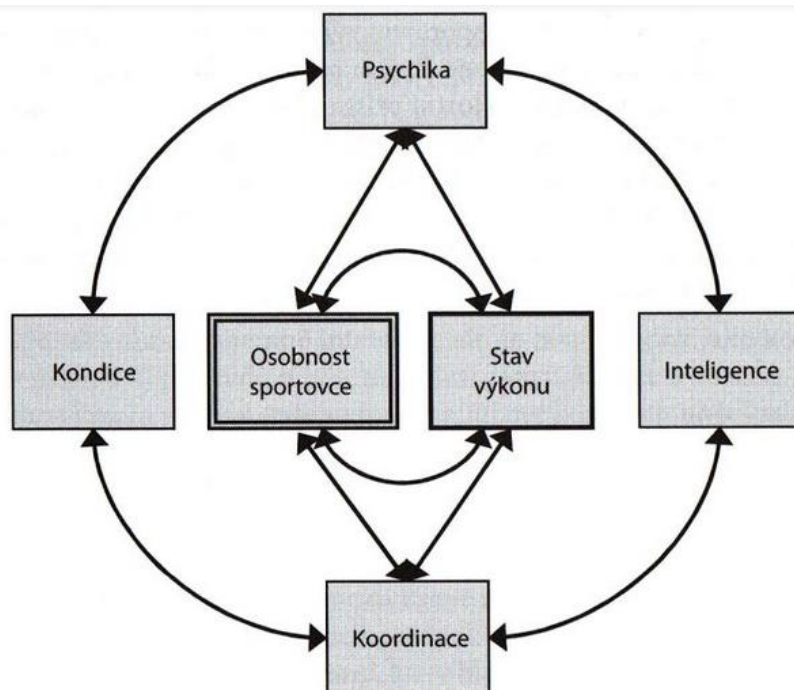
Obr. 1. Hypotetický model sportovního výkonu (Dovalil et al., 2012).

Hohmann, Lames a Letzelter (2010) představuje ve své publikaci tři modely struktury sportovního výkonu. Prvním je model podle Bauersfelda a Schrotera, který byl dříve rozšířen v NDR (Obr. 2). Ovlivňující faktory jsou umístěny kolem maximálního sportovního výkonu. Lze vidět, že zde jsou faktory hvězdicovitě uspořádány a pouze taktika, koordinace/technika a kondice jsou vzájemně propojeny.



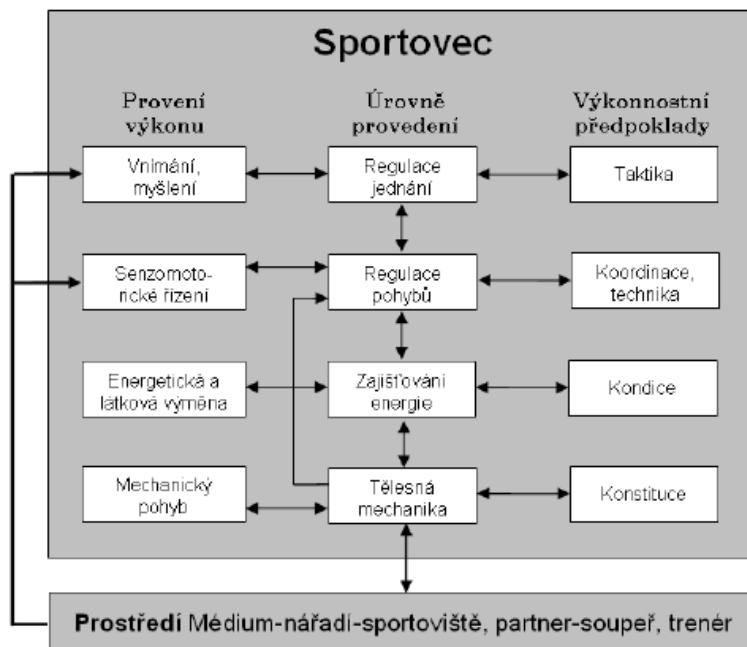
Obr. 2. Model struktury výkonu podle Bauersfelda a Schrotera (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010).

Druhý model dle Martina (Obr. 3) dává do popředí zkušenostní aspekt. Zdůrazňuje, že stav sportovního výkonu se musí chápat jako výsledek jednání celé osobnosti.



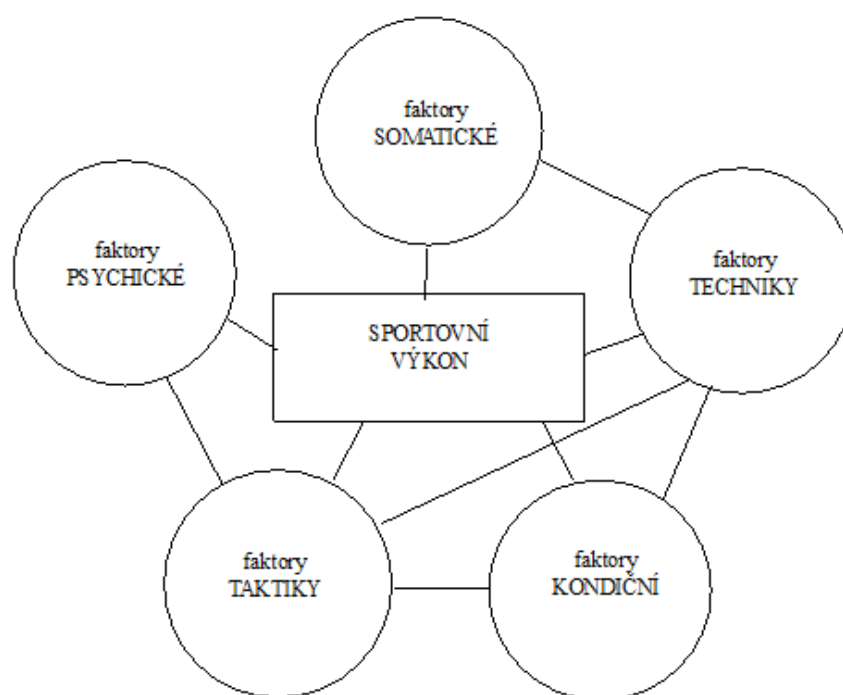
Obr. 3. Model struktury výkonu podle Martina (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010).

Třetím je Gundlachův model (Obr. 4), který popisuje jako momentálně nejuznávanější. Model je vytvořen tak, že prvky stavějí hierarchicky jeden na druhém, ale přitom na sebe i vzájemně působí.



Obr. 4. Pokus o model zevšeobecněné struktury sportovního výkonu (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010).

Autoři rozeznávají různé komponenty výkonu. Nejvíce využívané je asi členění na faktory somatické, kondiční, technické, taktické a psychické (Obr. 5).



Obr. 5. Struktura sportovního výkonu (Dovalil et al., 2012).

Somatické faktory jsou relativně stálé a geneticky nejvíce podmíněné. V mnoha sportech hrají významnou roli. K hlavním charakteristikám patří výška, hmotnost, složení těla, délkové rozměry a poměry a tělesný typ. Nejsnáze zjištělné jsou výška a hmotnost těla. Při výběru talentů lze zkoumat genetické předpoklady (například výšku) podle rodičů. Složení těla je zkoumáno zejména z hlediska poměru aktivní tělesná hmota (svalstvo) a tuku. Kromě procenta aktivní tělesné hmoty se také sleduje vzájemný poměr typů svalových vláken. V souvislosti se somatickými faktory mluvíme o určování tzv. somatotypů, dle kterých lze určit předpoklady jedince k motorické výkonnosti. Rozeznáváme endomorfní, mezomorfní a ektomorfní typ. Pro různé sportovní specializace se hodí jiný somatotyp. Správný somatotyp v dané sportovní specializaci automaticky neznamená úspěšnost sportovce, ale může ho zařadit mezi výkonnostně lepší. Za kondiční faktory považujeme motorické schopnosti (síla, vytrvalost, částečně i rychlost), které v řadě sportů výrazně ovlivňují sportovní výkon. O motorických schopnostech bude více pojednáno v kapitole 1.3. Technikou nazýváme účelný způsob řešení konkrétního pohybového úkolu, který

musí řešit sportovec ve sportovním výkonu. Sportovní technikou rozumíme způsoby řešení pohybových úkolů specifické činnosti, na kterou se sportovci připravují tréninkem. Do tohoto komplexu se zapojují pohybové i intelektuální schopnosti. Technika je v první řadě záležitostí motoriky. Nervová soustava musí zajistit správnou souhru svalových skupin tak, aby byl pohyb sladěný v prostoru a čase, a aby vedl k úspěšnému řešení pohybového úkolu. Proto zde mimořádnou roli sehrávají koordinační schopnosti. Rozlišujeme vnější techniku a vnitřní techniku. Vnější technika se projevuje jako sled pohybů a je obvykle vizuálně pozorovatelná, jelikož se jedná o pohyb těla. Vnitřní technika je tvořena neurofyziologickými základy sportovní činnosti. Jsou to jakési naučené pohybové vzorce, kterým odpovídá koordinovaný systém kontrakcí a relaxací svalových skupin. Technika by měla být součástí tréninku po celou sportovní kariéru (Dovalil et al., 2012).

Pojem taktika je ve sportu poměrně široký. Taktikou chápeme způsob řešení úkolů realizovaných v rámci pravidel daného sportu. Spočívá ve výběru ideálního řešení úkolů strategických i taktických. Tento výběr je spojen také s technickými aspekty, takže plnění taktických záměrů je uskutečnitelné jedině prostřednictvím techniky. (Dovalil et al., 2012). Hohmann, Lames a Letzelter (2010) definuje taktiku jako systém plánů jednání a rozhodovacích pravidel, které umožňují regulovat tréninkové i soutěžní jednání tak, abychom byli schopni dosáhnout optimálního sportovního úspěchu. S pojmem taktika se mnohokrát spojuje i pojem strategie. Perič (2006) uvádí, že za strategii je možné považovat koncepci vedení závodů a zápasů nebo plánování přípravy, kdy se v úvahu berou podmínky soutěží a počítá se také s každým možným soupeřovým rozhodnutím a opatřením se snahou je ovlivnit. Hohmann, Lames a Letzelter (2010) chápe taktiku, jako nadřazený pojem do kterého zahrnuje strategii a taktiku (v užším smyslu). Strategií nazývá taktické plánování a dohody před soutěží, taktiku pak jako rozhodnutí trenéra či sportovce během soutěže. Schnabel et al. (2009) uvádí, že taktika, na rozdíl od strategie, představuje individuální či kolektivní chování, díky kterému se sportovci snaží ovlivnit již existující podmínky soutěže tak, aby se pro ně staly co nejvýhodnější. Taktika ve spojení s technickými dovednostmi jsou někdy označovány jako taktické dovednosti. Jádrem taktických dovedností

jsou procesy myšlení, jejich předpokladem jsou určité soubory vědomostí a intelektové schopnosti. K těmto předpokladům patří například znalost pravidel sportu, znalost předmětu soutěžení a náčiní, základní principy a postupy vedení taktického boje v daném sportu. Do intelektových schopností patří schopnost koordinovat vlastní jednání, rychlé rozhodování a jiné. Zmíněné předpoklady umožňují tzv. taktické myšlení (Dovalil et al., 2012).

I když struktura výkonů se liší dle sportovní specializace, u všech typů výkonů mají hlavní význam psychické faktory. Je to dáno náročností soutěžních situací na lidskou psychiku. Z užšího psychologického hlediska se výkon považuje za závislý na schopnostech a motivaci. Schopnosti jsou obvykle děleny na sensorické, pohybové a intelektuální (Dovalil et al., 2012; Crespo & Miley, 2003; Moravec et al., 2007).

Dovalil et al. (2012) uvádějí, že sensorické schopnosti jsou založeny na smyslech člověka a nezanedbatelným způsobem ovlivňují sportovní výkon. Intelektové schopnosti ve sportu nejčastěji chápeme jako pohybovou inteligenci, která představuje soubor schopností s těžištěm v motorické docilitě. Motivace se dá vysvětlit jako podněcující příčina chování. Vztah mezi schopnostmi a výkonem zhruba odpovídá přímé úměře, v oblasti motivace to neplatí. Maximální výkon je obvykle spojen se střední úrovní motivace. Vysoká či naopak nízká vede k nižšímu výkonu. Popisuje motivaci jako proces usměrňování, udržování chování a má také význam energetizující.

## **1.2 Motorika**

Motorikou označujeme hybnost, soubor veškerých pohybů těla a projevů člověka. Dá se tedy zjednodušeně říct, že se jedná o funkce příčně pruhovaného svalstva zajišťovaného různými systémy organismu a řízené centrální nervovou soustavou (Dovalil et al., 2012). Čelikovský (1988) popisuje téměř shodně, jako Dovalil et al. (2012) motoriku jako souhrn tělesných pohybů člověka, které je schopen provádět díky vzpřímenému držení těla. Podle Zháněla et al. (2009) se motorika zabývá vnitřními aspekty projevů člověka a je ji možné chápat jako soubor všech řídicích a funkčních procesů. Můžeme tedy chápat motoriku a pohyb

jako dva disjunktní pojmy, kdy pojem motorika chápeme jako vnitřní aspekty a pojem pohyb jako vnější aspekty projevů lidského těla.

Jako motorické předpoklady označujeme souhrn motorických schopností a dovedností. Tyto motorické předpoklady jsou spolu s pohybovými projevy, což je pohybová činnost a pohybový výkon, chápány jako dvě složky motoriky a označujeme je jako konstrukty motoriky (Čelikovský, Čelikovský et al., Měkota, Raczek & Mynarski, in Zháněl et al., 2009).

### 1.3 Motorické schopnosti

Existuje celá řada definic motorických schopností. Uvedeme několik z nich.

Čelikovský et al. (1990, 77): „*Pod pojmem motorická schopnost se rozumí soubor integrovaných vnitřních relativně samostatných předpokladů splnit pohybový úkol.*“

Röthing et al. (2003, 57): „*Motorické schopnosti definujeme jako relativně upevněný, více či méně generalizovaný předpoklad (dispozice) pro určité činnosti, jednání a výkony.*“

Scheid a Prohl (2007, 127): „*Pod pojmem motorické schopnosti se rozumí v užším smyslu informačně orientované předpoklady při plánování, kompozici a neuromuskulárním jemném sladění pohybových činností (koordináční schopnosti) a jednak energetické předpoklady pro objem, intenzitu a trvání svalového úsilí (kondiční schopnosti).*“

Zháněl (2005, 16): „*Motorické schopnosti jsou dynamickým komplexem vnitřních předpokladů lidského organismu umožňujícím realizaci záměrné pohybové činnosti.*“

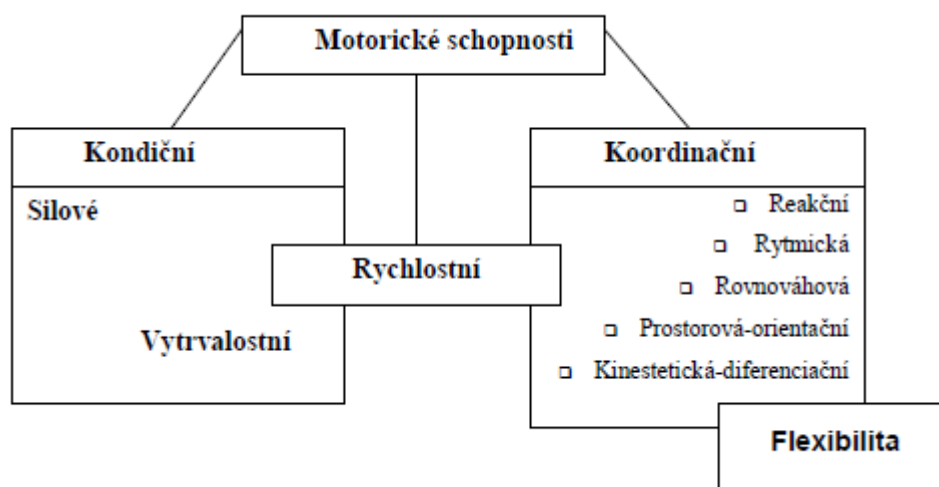
Encyklopedická formulace Carla (in Zháněl, 2005, 17): „*Motorické (pohybové) schopnosti jsou komplexní individuální předpoklady pohybového výkonu člověka, které jsou primárně determinovány fyziologickými a neurofyziologickými systémy a znaky tělesné stavby.*“

Malý a Dovalil (2016, 12): „*Pohybové schopnosti lze chápat jako obecné kapacity jednotlivce, které se projevují (a také rozvíjejí) v činnosti, v jejich*

*výsledcích, jsou skryté, latentní, potencionální predispozice, které limitují výkonové možnosti.“*

I přes existenci mnoha definic lze říct, že jejich obsahový průnik je v pojmech vnitřní individuální předpoklady a jejich zaměřenost na pohybovou činnost.

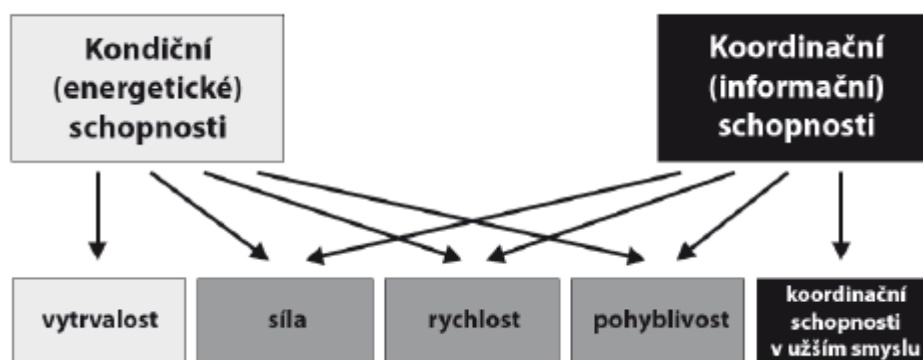
Členění motorických schopností (Obr. 6), které je všeobecně uznáváno, je rozdělení na kondiční schopnosti, které jsou determinovány převážně energeticky tj. získáváním a využíváním energie, a na schopnosti koordinační, které jsou spojeny převážně s procesy řízení pohybové činnosti. Existuje ještě třída kondičně – koordinační též nazývaná hybridní, která nemá jednoznačnou determinaci kondiční nebo koordinační. Mezi koordinační schopnosti řadíme silové a vytrvalostní schopnosti, mezi koordinační řadíme obratnostní schopnosti, mezi hybridní schopnosti řadíme schopnosti rychlostní (Malý & Dovalil, 2016).



Obr. 6. Dělení motorických schopností (Malý & Dovalil, 2016).

Hohmann, Lames a Letzelter (2010) považují za motorickou schopnost, která je ovlivňována pouze energetickým systémem, vytrvalost. Ostatní schopnosti už spolu souvisí (Obr. 7).





Obr. 7. Systematika kondice a koordinace (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010).

### 1.3.1 Vytrvalostní schopnosti

Různí významní autoři prezentují víceméně obdobné charakteristiky vytrvalostních schopností, Dovalil et al. (2012) uvádí, že se jedná o soubor předpokladů vykonávat pohybovou činnost požadovanou intenzitou co nejdéle nebo co nejvyšší intenzitou v daném čase. Podle Panušky (2014) lze vytrvalost také definovat jako schopnost odolávat únavě, jenž je způsobena snížením energetických rezerv nebo změnou vnitřního prostředí. Svou roli zde hrají i faktory motivace a volní koncentrace. Hohmann, Lames a Letzelter (2010) popisují vytrvalost jako odolnost vůči únavě, která v tomto smyslu umožňuje po co nejdelší dobu udržet danou intenzitu, udržovat ztráty intenzity na minimu, stabilizovat po delší dobu techniku a taktiku a sportovci rychlejší zotavení po zátěži.

Grasgruber a Cacek (2008) považují za významné tři determinanty vytrvalostního výkonu. Prvním je výše maximální aerobní kapacity ( $VO_2max$ ) - „Maximální aerobní kapacita je definována jako maximální množství z přijatého kyslíku, které je organismus schopen zpracovat při svalové práci“ (Grasgruber & Cacek, 2008, 42). Hlavními faktory ovlivňujícími  $VO_2max$  je schopnost krevního oběhu transportovat kyslík, výkon srdce a kapacita plic. Tento determinant je ovlivňován úrovní tělesné hmotnosti, u těžších sportovců je  $VO_2max$  nižší. Druhým determinantem je ekonomika techniky prováděné pohybové aktivity. Jedná se o spotřebu kyslíku za minutu na kilogram tělesné hmotnosti při zvolené

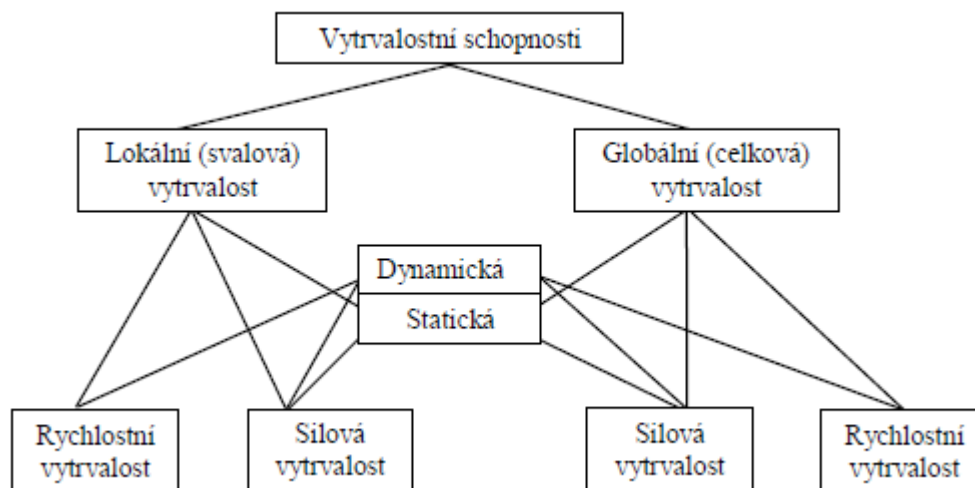
rychlosti. Odvíjí se od somatických parametrů sportovce, flexibility šlach a svalů a techniky. Třetím determinantem je anaerobní práh. Jedná se o procento  $\text{VO}_2$  max, při němž je množství produkce laktátu větší než množství, které je schopno tělo odstranit ze svalů do krve.

Pro vytrvalost má velký význam energetické zabezpečení pohybové činnosti, často se hovoří o tzv. energetickém krytí. Ve svalových buňkách je adenosintrifosfát (ATP), který je zdrojem energie umožňující motorický výkon. Tento zdroj energie je uvolňován různě podle intenzity, délky a charakteru vykonávané pohybové aktivity (Lehnert et al., 2010), autoři rozlišují tyto způsoby získávání energie ve svalech: Anaerobně – alaktátový systém (ATP-CP systém (Dovalil et al., 2012), anaerobně – alaktacidní (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). V tomto systému dochází ke štěpení ATP na ADP (adenosindifosfát). CP (kreatinfosfát) se podílí na krátkodobém obnovení ATP v buňce, čemuž říkáme resyntéza ATP. Tento způsob získávání energie probíhá bez přítomnosti kyslíku a nevzniká při něm kyselina mléčná. Zdroj ATP-CP v buňce vystačí pouze na 10-15 sekund svalové práce prováděné maximální intenzitou. Dalším je anaerobně – laktátový systém (La systém, Dovalil et al., 2012), anaerobní glykolýza (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010) kdy dochází ke štěpení glukózy, ale s malým energetickým ziskem a navíc vzniká kyselina mléčná, která se rozkládá na laktát. Doba trvání činnosti, která je kryta anaerobně-laktátovým systémem, je kolem 1-2 minut. Posledním je aerobní systém ( $\text{O}_2$  systém (Dovalil et al., 2012), aerobní oxidace (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010), který funguje při dostatečném množství kyslíku v těle. Zisk energie je vysoký. Doba trvání činnosti může být až několik hodin.

### ***Dělení vytrvalosti***

Obdobné členění vytrvalosti používají i další autoři, kteří prezentují dělení podle různých hledisek Panuška (2014) uvádí členění dle způsobu energetického krytí na aerobní vytrvalost, kdy je při pohybové aktivitě energie uvolňována za přítomnosti kyslíku, a na anaerobní vytrvalost, kdy je při pohybové aktivitě energie uvolňována bez přítomnosti kyslíku a dochází k vytvoření vedlejšího produktu, kterým je kyselina mléčná. Kuhn (2005) dělí vytrvalost podle množství

zapojeného svalstva na lokální vytrvalost, kdy je při aktivitě zapojeno méně než 17% z celkového množství kosterního svalstva (Zvonař a Duvač (2011) uvádí, že pracuje maximálně 1/3 svalové hmoty), a na globální vytrvalost, kdy činnost provádí více než 17% z celkového množství kosterního svalstva (Obr. 8).



Obr. 8. Struktura systému vytrvalostních schopností (Černošek, 2012)

Podle doby trvání dělí vytrvalost Lehnert et al. (2010) na rychlostní (sprinterská) vytrvalost, při níž činnost trvá 7 – 35 sekund a energetické krytí zajišťuje ATP-CP systém a La systém, krátkodobou vytrvalost s činností o délce 35s – 2 minuty, přičemž dominantním energetickým systémem je La systém, střednědobou vytrvalost, která odpovídá činnosti v trvání 2 – 10 minut a dominantním energetickým systémem je La systém, ale i O<sub>2</sub> systém, a na dlouhodobou vytrvalost, kdy délka činnosti může být v trvání od 10 minut až po několik hodin, dominantním energetickým systémem je O<sub>2</sub> systém. Podle druhu svalové činnosti rozdělil Kuhn (2005) vytrvalost na dynamickou, při níž dochází ke střídání svalové kontrakce a uvolnění, a statickou, kdy u prováděné činnosti nejsou žádné vnější projevy zkracování svalstva. Podle charakteru činnosti dělíme vytrvalost na cyklickou a acyklickou. Toto dělení vychází z biomechanického členění (Lehnert et al., 2010).

### 1.3.2 Flexibilita (pohyblivost, ohebnost)

Flexibilitu lze definovat různými způsoby, ale všechny definice mají stejný opěrný bod a tím je kloubní rozsah. Hohmann, Lames a Letzelter (2010) definují pohyblivost jako schopnost provádět pohyby s požadovanou amplitudou, přičemž základ tvoří kloubní pohyblivost a protažitelnost. Lehnert et al. (2010) flexibilitu popisují jako schopnost, která za pomoci vnitřních a vnějších sil, dosáhne optimálního rozsahu pohybu v kloubním spojení. Podle Kasu (2003) ji lze také popsat jako samostatný vnitřní systém organismu k vykonání pohybu v odpovídajícím rozsahu pohybové činnosti, ve vhodném rozsahu v kloubu, ohebnosti trupu a svalové pružnosti.

Flexibilita je nezbytná téměř v každém sportu. V některých sportech se může uplatňovat přímo, ba dokonce může být limitujícím faktorem výkonu. Jako příklad lze uvést gymnastiku či plavání. V jiných sportech se zase může projevovat nepřímo, kdy například může ovlivňovat pozitivně nebo negativně ekonomiku pohybu (Dovalil et al., 2012).

Cílem sportovního tréninku není dosáhnoutí maximální flexibility, ale pouze dosáhnoutí takové úrovně, která odpovídá danému sportovnímu odvětví. Hypomobilita neboli snížená pohyblivost, může negativně ovlivňovat rozvoj dalších pohybových schopností nebo techniku. Taktéž může způsobovat rychlejší únavu svalů. Při nadměrném uvolnění kloubů, které přesahuje normy, mluvíme o hypermobilitě neboli zvýšené pohyblivosti. Hypermobilita vede k nestabilitě kloubů, která může způsobovat zranění šlach a kloubů. Sníženou pohyblivost, při dobře zvoleném tréninku, jsme schopni dostat na odpovídající úroveň, ale se zvýšenou pohyblivostí se moc dělat nedá. Optimální pohyblivost má pozitivní význam při motorickém učení, při odolávání zatížení, při prevenci zranění a vzniku hybných pohybových stereotypů a zlepšuje energetický potenciál (Lehnert et al., 2010). Panuška (2014) píše, že optimální flexibilita je předpokladem pro růst výkonnosti, při učení nových dovedností, ale i schopností. Má také důležitou roli v regeneraci a zotavovacích procesech.

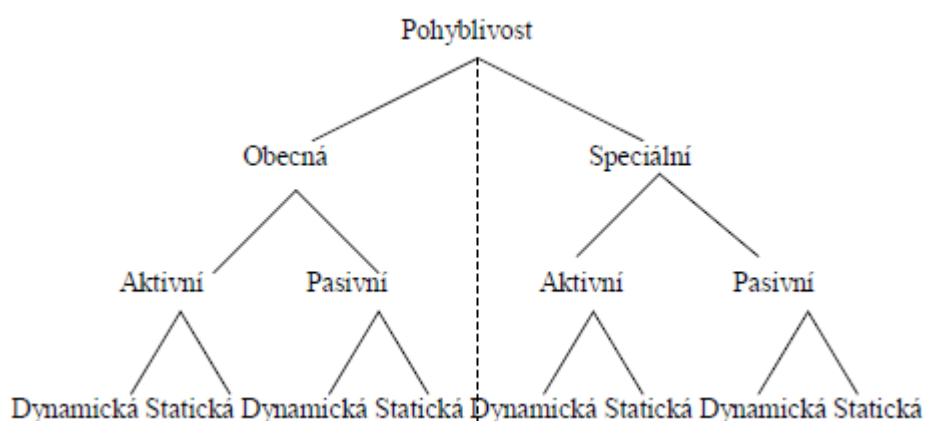
Flexibilitu ovlivňuje řada faktorů, z nichž asi největší roli hraje druh kloubu a jeho anatomická konstrukce například tvar styčných ploch kostí nebo rozložení svalů v okolí kloubu. Další významnou roli hraje pružnost tkání, konkrétně vazů,

šlach a fascií. Také jejich množství a rozložení. Další je reflexní aktivita svalů. Některé reflexy jako například napínací reflex nebo ochranný útlum omezují nebo zastavují pohyb. V poslední řadě lze uvést teplotu, kdy ve větším teple dosáhneme většího rozsahu pohybu, denní dobu, kdy ráno je rozsah menší, psychický stav a únavu (Dovalil et al., 2012, Lehnert et al., 2010, Hohmann, Lames & Letzelter (2010).

Vzhledem k tomu, že ženy mají méně vyvinuté kosterní svalstvo a mají biologické předpoklady k těhotenství, mají obecně větší flexibilitu než muži (Panuška, 2014).

### ***Dělení flexibility***

Lehnert et al. (2010) rozlišují a popisují flexibilitu obecnou a speciální, aktivní a pasivní, dynamickou a statickou. Obecná flexibilita je normální úroveň pohyblivosti, která může být pro některé sporty nedostačující, proto mluvíme o speciální flexibilitě, která se vztahuje už na daný sport a dosažení optimální kloubní pohyblivosti pro něj. Aktivní flexibilita je dána rozsahem, do kterého se jedinec dokáže dostat sám bez pomoci vnějších činitelů. Naproti tomu je flexibilita pasivní, kde je pomoc vnějších činitelů žádána a je dána rozsahem, do kterého je jedinec schopen se za pomoci těchto činitelů dostat. Dynamická flexibilita je dosažení krajní polohy krátkodobě, kdežto statická je dána setrváním v krajní poloze po delší čas (Obr. 9).



Obr. 9. Dělení pohyblivosti (Černošek, 2012).

### 1.3.3 Silové schopnosti

Ve fyzice patří síla do odvětví mechaniky, kde tvoří jeden ze základních pojmů. V tomto hledisku je chápána jako příčina změny pohybového stavu tělesa. Sílu lze chápat také jako pohybovou schopnost člověka překonat nebo naopak brzdit či úplně zastavit určitý odpor. I když tyto pojmy spolu souvisí, je třeba je od sebe odlišovat (Dovalil et al., 2012).

*„Jsou definovány jako předpoklady člověka překonávat vysoký odpor břemene nebo vlastního těla pomocí svalového úsilí“ (Zvonař & Duvač, 2011, 41).*

Lehnert et al. (2010) definují sílu jako schopnost překonat, udržet nebo brzdit odpor svalovou kontrakcí, kdy svalová činnost je buď v dynamickém, nebo statickém režimu.

Dle Zvonaře a Duvače (2011) jsou silové schopnosti u člověka nejdůležitější a to z toho důvodu, že bez nich by se další pohybové schopnosti člověka nemohly projevit.

Grasgruger a Cacek (2008) napsali a popsali svalové úsilí, které probíhá pomocí svalových akcí (někdy nepřesně nazývaných svalové kontrakce).

Dynamická akce, kdy sval mění svoji délku (prodlužuje se nebo zkracuje) při překonávání zátěže. Dělíme ji na koncentrickou, kdy dochází ke zkrácení svalu, excentrickou, kdy dochází k prodloužení svalu, plyometrickou, kdy se nejprve sval při koncentrické činnosti zkrátí a následně dojde při excentrické činnosti k jeho prodloužení. Lehnert et al. (2010) popisuje ještě izokinetickou, kdy je pohyb prováděn konstantní rychlostí. Statická akce, kdy sval se nepohybuje. Mluvíme o izometrické akci, kdy se sval neprodlužuje ani nezkracuje, ale mění pouze napětí například při zátěži, se kterou nejsme schopni hnout.

#### ***Dělení silových schopností***

Existuje několik typů dělení silových schopností.

Například Dovalil et al. (2012) dělí silové schopnosti podle velikosti odporu, rychlosti pohybu a trvání na sílu maximální (absolutní), rychlou a výbušnou (explozivní) a vytrvalostní sílu. Absolutní síla je spojená s nejvyšším možným odporem malou rychlostí pohybu a krátkým opakováním. Rychlá a

výbušná síla je charakteristická překonáváním nemaximálního odporu s nejvyšší možnou rychlostí. Vytrvalostní síla je charakteristická překonáním nemaximálního odporu nemaximální rychlostí, případně pouze odpor udržet ve statické poloze po relativně dlouhou dobu. Z hlediska svalové činnosti mohou být absolutní i vytrvalostní síla realizované při dynamické i statické svalové činnosti, kdežto rychlá a explozivní pouze v dynamické činnosti.

Zvonař a Duvač (2011) uvádí dělení na statickou a dynamickou silovou schopnost. Statickou sílu dále dělí na krátkodobou statickou sílu, což je schopnost provést maximální svalovou akci v krátkém trvání (tzv. maximální síla), a vytrvalostní statickou sílu, kdy se vyvíjí síla po relativně dlouhou dobu a taktéž charakteristické jsou výdrže v určité poloze. Dynamickou sílu také dále dělí a to na explozivně silovou schopnost, která je charakteristická vyvinutím maximální rychlosti při překonávání vnějšího odporu, rychlostně silovou schopnost, kdy se vyvíjí maximální rychlost opakovaně při překonávání odporu, vytrvalostně silovou schopnost, která je charakteristická opakujícím překonáváním odporu po relativně dlouhou dobu při cyklických činnostech, a amortizačně silovou schopnost, kdy dochází k prodloužení a napínání svalu zároveň (např. při spouštění činky).

#### **1.3.4 Rychlostní schopnosti**

Hohmann, Lames a Letzelter (2010) označují rychlostní schopnosti jako schopnost motoricky reagovat nebo jednat za podmínek prostých únavy v maximálně krátké době.

Malý a Dovalil (2016) popisují rychlost jako předpoklad člověka vykonávat pohybový úkol krátkého trvání co nejvyšší možnou intenzitou. Tento motorický výkon je limitován vnitřními podmínkami lidského organismu. Rychlostní schopnosti jsou u mnoha sportů důležité faktory výkonu. Činnosti jsou prováděny maximálním volným úsilím, maximální intenzitou. Většinou se jedná o pohyby bez vnějšího odporu v délce trvání do 10 – 15 sekund.

Jelikož rychlost je určována nervovými, svalovými a šlachovými strukturami a činnostmi centrální nervové soustavy tzv. kognitivními řídicími

mechanismy, nelze rychlostní schopnosti jednoznačně zařadit do kondičních nebo koordinačních schopností, ale řadíme je někde na rozhraní (Černošek, 2012).

Faktorů, které ovlivňují rychlost pohybu, je více. Lehnert et al. (2010) uvádí především poměr rychlých a pomalých svalových vláken, délku svalových vláken a úhel, pod kterým jsou přichyceny šlachou na kost, obsah ATP-CP ve svalech, schopnost mezisvalové koordinace, přenos nervových impulsů, schopnost aktivovat velký počet motorických jednotek. Tyto faktory, které určují základní rychlost, nejsou příliš ovlivnitelné tréninkem.

### ***Dělení rychlostních schopností***

Podle rozmanitosti a složitosti předpokladů pro provedení pohybu dělí a popisují Hohmann, Lames a Letzelter (2010) rychlost elementární, komplexní rychlost a rychlost jednání. Elementární rychlostní schopnosti jsou určovány podle formy pohybu a amplitudě pohybu, dobou pod 200 ms, maximální síle. Komplexní rychlostní schopnosti všeobecně představují reakční, akční a sprinterskou rychlost. Rychlost jednání je nejkomplexnější formou rychlosti a je nadřazena rychlosti pohybové. Je determinována kognitivně, percepčně takticky a ne jen kondičně a koordinačně. Tato rychlost je rozhodující pro úspěch ve sportech s požadavkem na rychlost rozhodování.

Dle Malého a Dovalila (2016) se většina autorů shoduje a přiklání k členění rychlostních schopností na rychlost reakční, rychlost cyklickou a acyklickou, rychlost komplexní. Někdy jsou rychlost cyklická a acyklická zahrnovány do tzv. rychlosti akční. Rychlost reakční je spojena se zahájením pohybu. Je to schopnost, co nejrychleji reagovat na daný podnět. Podle druhu podnětu může sportovec reagovat na akustický, optický nebo taktilní signál. Rychlost cyklická je charakteristická vykonáváním stejných pohybů s vysokou frekvencí opakovaně například běžecký sprint nebo cyklistický sprint. Rychlost acyklická je charakteristická co nejvyšší rychlostí jednotlivých izolovaných pohybů. Mezi acyklickou rychlost můžeme zařadit například rychlost odhodu oštěpu nebo smeč ve sportovních hrách. Komplexní rychlost je schopnost rychle změny směru. Je dána kombinací pohybů cyklických i acyklických včetně reakce. Vyskytuje se jako rychlost lokomoce, což chápeme jako přemísťování v prostoru.



Tento pojem se také nazývá agilita, což by se dalo nahradit českým ekvivalentem hbitost.

### **1.3.5 Koordinační schopnosti**

Na výkon se kromě kondičních schopností podílejí i schopnosti, které jsou vázané na řízení a regulaci pohybu.

Belej a Jungera (2006) definují koordinační schopnosti jako motorické schopnosti, které nám dávají možnost vykonávat pohybové činnosti dle zadaného pohybového úkolu tak, aby z hlediska času, prostoru a struktury měly co nejúčelnější průběh a výsledek.

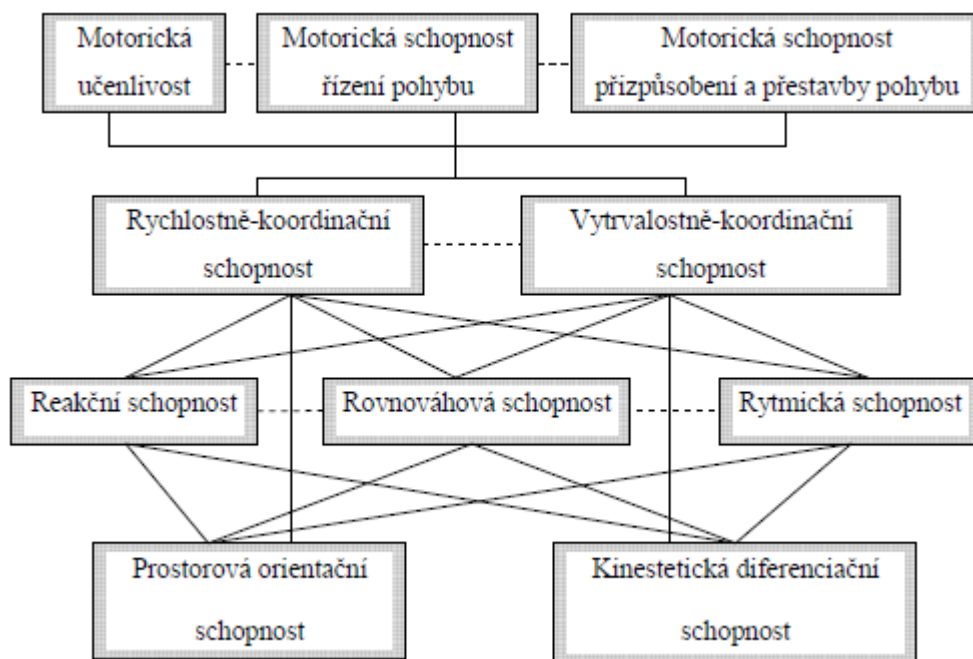
Hohmann, Lames a Letzelter (2010) popisují koordinační schopnosti jako jednotlivé aspekty řízení pohybů, které jsou z hlediska kvality provedení považovány za přetrvávající dispozice k jednání.

V množství sportů jsou kladeny nároky na sladění pohybů, na rovnováhu, rytmus, orientaci, přesnost provedení a tak dále. V těchto sportech nehraje energetický základ primární roli, ale až druhotnou. Primární roli přebírá funkce centrálního nervového systému. Funkce centrálního nervového systému spočívá v koordinaci svalů při pohybové činnosti, ovlivňování funkcí příslušných analyzátorů. Taktéž přijímá, zpracovává a uchovává informace a zajišťuje kvalitu provedení pohybu. Rozdíly v úrovni koordinačních schopností mezi jedinci se mohou projevit například v koordinaci dílčích pohybů, v rychlé a správné reakci na podněty nebo při spojování pohybů do celků. Vysoká úroveň koordinačních schopností je dobrým předpokladem k rychlému a kvalitnímu osvojování techniky (Dovalil et al., 2012).

#### ***Dělení koordinačních schopností***

Hirtz (1985, in Černošek, 2012) koordinační schopnosti popisuje a dělí na reakční, rytmické, rovnováhové, prostorově orientační a kinesteticko-diferenciační schopnosti (Obr. 10). Reakční schopnosti jsou stálé a generalizované kvality procesu rychlého a smysluplného zahájení pohybu na určitý podnět. Prostorově orientační schopnosti jsou stálé a generalizované kvality procesu určení změny polohy a pohybu těla v prostoru. Rovnováhové schopnosti jsou stálé a generalizované kvality procesu udržení nebo znovuoobnovení rovnováhy při

provádění pohybových úkolů na malých podpěrných nebo labilních plochách. Kinesteticko-diferenciační schopnosti jsou stálé a generalizované kvality procesu provádění pohybů přesně a ekonomicky na základě přijímaných informací a jejich zpracování. Rytmičké schopnosti jsou stálé a generalizované kvality procesu vnímání, uložení a předvedení časově dynamické struktury.



Obr. 10. Struktura koordinačních schopností (Černošek, 2012).

#### 1.4 Motorické dovednosti

Dovednost chápeme jako automaticky a uvědoměle prováděnou činnost člověka, která je realizována prostřednictvím pohybových činností. Jako příklad lze uvést činnosti, které běžně vykonáváme, například čištění zubů, řízení automobilu, vaření a tak dále. Motorické dovednosti lze ve sportu chápat jako předpoklad k dané pohybové činnosti, který získáváme procesem motorického učení. Motorické schopnosti a dovednosti spolu úzce souvisí. Pokud se učíme motorickým dovednostem, dochází zároveň k ovlivňování motorických schopností a naopak (Černošek, 2012).

Stejně jako u motorických schopností i u motorických dovedností existují různé definice.

*„Motorická dovednost je motorickým učením získaná pohotovost k pohybové činnosti, k řešení pohybového úkolu a dosažení úspěšného výsledku“* (Měkota & Cuberek, 2007, 9).

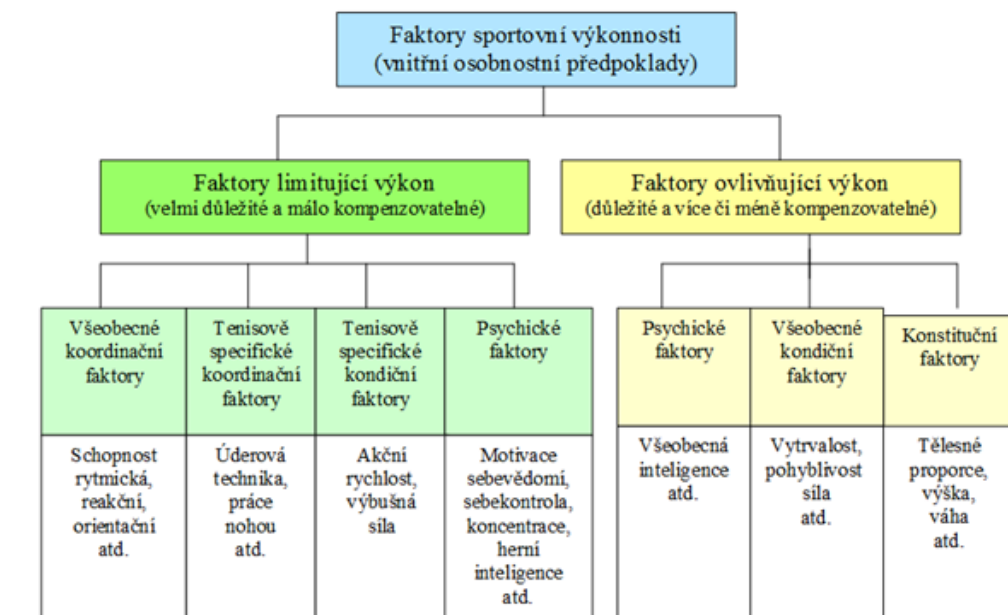
*„Motorická dovednost je vyzkoušený, účelný a efektivní sled pohybů k vyřešení nějakého definovaného úkolu ve sportovních situacích“* (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010).

Biologickými základy pohybových dovedností považují Měkota a Cuberek (2007) procesy, které umožňují vnímání pomocí smyslů tzv. percepčně – sensorické procesy. Dále procesy kognitivní, které se týkají vnímání a myšlení, a motorické procesy, které zajišťují pohyb a jeho koordinaci. Motorické dovednosti lze dělit podle množství zapojených svalových skupin do koordinace pohybu na jemné a hrubé, podle stálosti prostředí na otevřené a uzavřené, či na elementární a specifické (Měkota & Cuberek, 2007; Roth & Willimczik, 1999; Schneid & Prohl, 2007; Schnabel et al., 2008).

## **1.5 Sportovní výkon v tenise**

Tenis lze zařadit mezi tzv. heuristické sporty. Je charakteristický opakovanými krátkodobými pohybovými činnostmi, které jsou přerušovány intervaly odpočinku mezi výměnami. Při hře se střídají pohyby jak cyklické (běh) tak i acyklické (smeč) (Černošek, 2016).

V tenise lze faktory sportovního výkonu dělit na faktory limitující výkon a na faktory ovlivňující výkon (Obr. 11). Limitující faktory považujeme za velmi důležité, ale málo kompenzovatelné, což znamená, že pokud má tenista tyto faktory na nízké úrovni, vzniká pro něj výkonnostní bariéra, která se těžko překonává. Za tyto faktory v tenise považujeme vybrané koordinační schopnosti (např. rychlost, reakci, rovnováhu) a kondiční schopnosti (např. výbušná síla). Naproti tomu máme faktory ovlivňující výkon. Tyto faktory jsou pro výkon důležité, ale dají se kompenzovat jinými přednostmi. Do těchto faktorů řadíme tělesné proporce (např. výška, váha) a některé kondiční faktory, např. vytrvalost (Zháněl, 2005).



Obr. 11. Přehled faktorů sportovní výkonnosti v tenisu (Deutscher Tennis Bund, 1996, 93, in Zháněl 2005).

Stejně jako ve většině sportovních her, je i tenisový herní výkon podmíněn více faktory. Tenisový výkon lze tedy chápat jako multifaktorový strukturální výkon, který tvoří a ovlivňují procesy a interakce mezi faktory (Černošek, 2012). Pro dosažení kvalitního výkonu v tenise je důležitá i vysoká míra kondiční připravenosti, která umožňuje hráči zopakovat výkon i několik dnů za sebou, snižuje riziko zranění, urychluje regeneraci, oddaluje nástup únavy a v neposlední řadě také pozitivně působí na hráčovu sebedůvěru. V každé herní činnosti v tenise (podání, příjem,...) existuje několik taktických variant, které může hráč uplatnit. Tyto varianty by měl znát, ale hlavně v dané situaci použít tu nejlepší (Crespo & Miley, 2003; Schönborn, 2008).

### Charakteristika tenisu

Tenisové utkání trvá různě dlouhou dobu. Obvykle se tato doba pohybuje v rozmezí mezi 1,5 hodiny (při třísetovém utkání) a 5 hodinami (při pětisetovém utkání). Reálný hrací čas tvoří asi 8 % celkové doby na trávě a asi 30 % na antuce. Hráč během třísetového utkání naběhá vzdálenost 2000 metrů, přičemž nejčastěji dochází k běhům na 3-7 metrů (Schönborn, 2008). Ferrauti, Maier a Weber (2014)

napsali, že se délka hrací doby zkracuje a současně s ní se zkracuje i doba odpočinku. Na antukových kurtech trvá zisk fiftýnu přibližně 7 sekund, na rychlých površích průměrně 5 sekund. U hráčů, kteří patří výkonnostně do nižších kategorií, výměny trvají delší dobu. Výzkumy ukázaly, že pouhých 20 % úderů se odehraje na vzdálenost více než 4 metry. Zbýlých 80 % se odehraje na vzdálenost +/- 2,5 metru. Tyto údaje ukazují, že vrcholový tenis je koordinačně náročná motorická činnost. Z fyziologického hlediska a vzhledem k tomu, že se v tenise střídají intervaly odpočinku a zatížení, tak se nejvíce uplatňuje z energetických systémů systém anaerobně – alaktátový, a to asi v 70 % herního času. Anaerobně -laktátový systém se uplatňuje asi ve 20 % herního času a aerobní systém v asi pouze 10 % herního času. Vzhledem k tomu, že se krevní laktát v průběhu tenisového utkání produkuje jen málo, jsou jeho hodnoty na konci utkání zpravidla mezi 1,5 – 3,5 mmol/l (Crespo & Miley, 2003; Ferrauti, Maier & Weber, 2014).

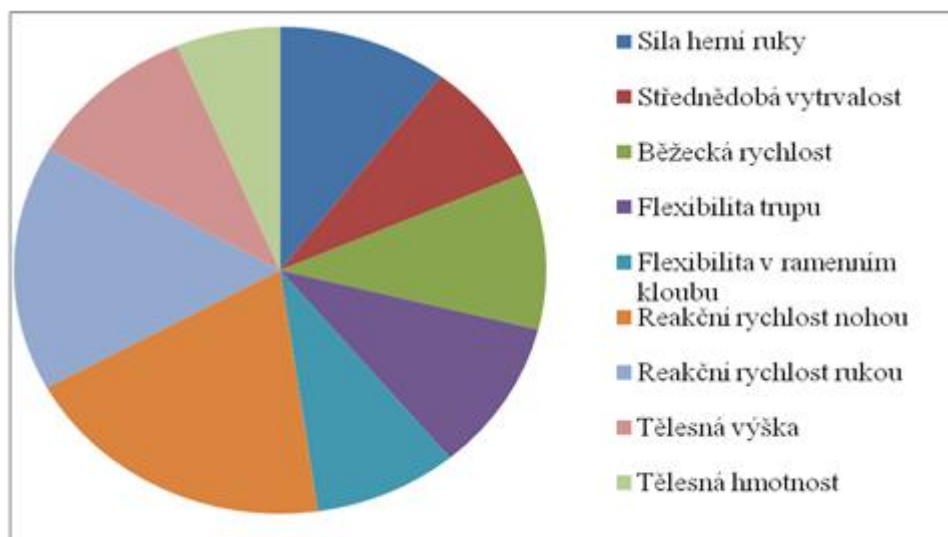
Stejně jako u většiny sportů, i u tenisu se sleduje somatotyp hráčů a tomu se přizpůsobuje taktika hry. Hráči s nižší tělesnou výškou jsou rychlejší, obratnější a obvykle dosahují vyšší frekvence kroků. Naopak vyšší hráči mají pohyblivost nižší, ale v herních situacích jako podání, směr nebo hra na síti jsou díky výšce zvýhodněni. Vyšší hráči mají také delší končetiny, z čehož plyne, že jejich rozsah paží a délka kroku bude větší a snadněji se dostanou k míči. Tělesná hmotnost tenisty nemá téměř žádný vliv na kvalitu úderu, ale ovlivňuje především pohyblivost tenisty po kurtu. Svalová hmota má pozitivní korelaci se silou úderu, negativní s pohybem hráče na kurtu (Vaverka & Černošek, 2007).

### **Motorické předpoklady v tenise**

Motorické předpoklady jsou pro realizaci hry významným faktorem. Z motorických předpokladů jsou především schopnosti kondiční a koordinační faktory ovlivňující nebo limitující tenisový výkon (Obr. 12). Hráč, který má lepší kondici, má lepší předpoklady na dosažení vysokého sportovního výkonu a výkonnosti. Motorické předpoklady, které se považují za nejdůležitější, jsou rychlostní schopnosti, silové schopnosti, silová vytrvalost a koordinační schopnosti. Z rychlostních schopností především reakční a akční rychlost, ze

silových schopností pak rychlá výbušná síla a reaktivní síla (Crespo & Miley, 2003).

Z výzkumu vyplynulo, že trenéři považují za nejdůležitější předpoklady reakční rychlost nohou, reakční rychlost paže, sílu herní ruky a běžeckou rychlost (Hubáček & Zháněl, 2013).



Obr. 12. Grafické znázornění významu výkonnostních předpokladů v tenisu (Hubáček, 2016).

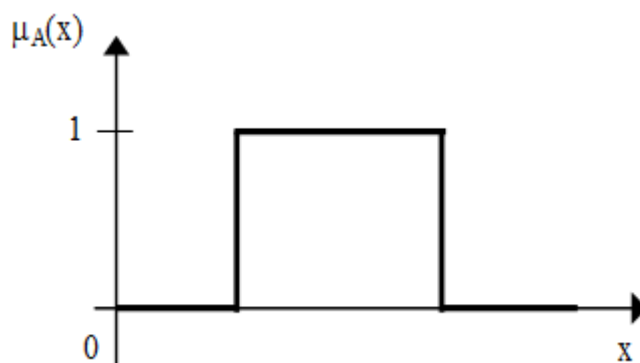
## 1.6 Fuzzy teorie množin

### 1.6.1 Klasická teorie množin

S klasickými množinami se každý potká na základní škole, podrobněji také na střední škole. Učitelé učí, že množina je soubor prvků, objektů, které mají určitou stejnou vlastnost. Pro rozhodnutí, zda nějaký prvek do množiny patří nebo ne, máme dvě možnosti, a to takové, že prvek danou vlastnost má, pak do množiny zcela jistě patří, nebo že danou vlastnost nemá a pak do množiny zcela jistě nepatří. Jedná se o tzv. klasickou binární logiku, která je vystavěna na axiomech a pracuje s ostrými hranicemi mezi množinami. Například máme-li množinu  $X = \{1,2,3,8,10\}$ , pak 3 zcela jistě do množiny  $X$  patří, číslo 15 zcela jistě do množiny nepatří.

Uvažujme množinu  $A$ . Charakteristická funkce množiny  $A$   $\mu_A$  (Obr. 13) je ostře ohraničena svými krajními hodnotami. Pro všechny prvky  $x$ , které do

množiny A náleží, je přiřazena hodnota 1. Pro všechny prvky  $x$ , které do dané množiny A nenáležejí, je přiřazena hodnota 0 (Dynda & Medek, 1997).



Obr. 13. Charakteristická funkce v klasické teorii množin (Hubáček, 2016).

Máme-li množinu  $A = \{z; z \text{ je žijící člověk}\}$ , pak čtenář této diplomové práce zcela jistě žije a do množiny A patří. Charakteristická funkce mu přiřadí hodnotu 1. Pokud bychom vzali například německého matematika Cantora (1845-1918), který již nežije, nepatří tedy do množiny A. Charakteristická funkce mu přiřadí hodnotu 0.

### 1.6.2 Fuzzy množiny

Pojem fuzzy je obvykle chápán ve významu neostrý, neohraničený. I přesto, že většina jevů, které se objevují v běžném životě, lze popsat zcela přesně, v hovorové řeči tyto jevy často vyjadřujeme nepřesně jako neohraničené pojmy. Jelikož každý člověk má jiné vnímání, může i tyto nepřesně vymezené pojmy každý chápat trochu jinak a mohou vznikat nepřesnosti. V běžné řeči používáme pojmy jako vysoký člověk, silný vítr, malá hromada. V našem jazyce lze ještě zvětšit nebo zmenšit intenzitu pojmů přidáním nějakého vhodného slova například velmi vysoký člověk, velmi silný vítr, docela malá hromada (Kolisko, 2014).

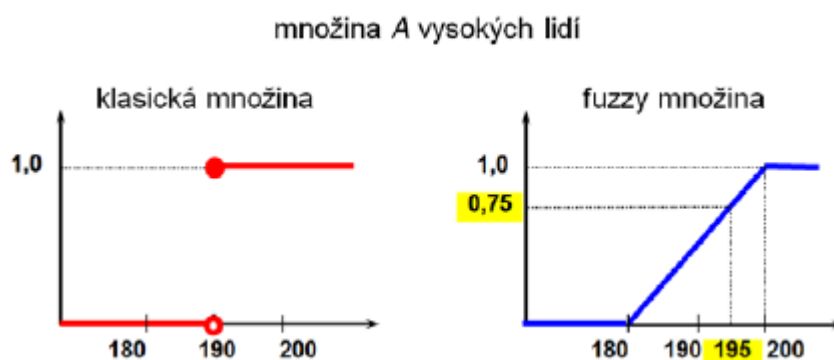
Často se uvádí několik příkladů, proč vlastně zavést fuzzy množiny. Jedním z nich je tzv. antický paradox hromady, kdy máme malou hromadu kamení a když k ní přidáme jeden kámen, opět dostaneme malou hromadu. Podle této formulace by každá hromada kamení byla malá (Novák, 1990).

Další příklad, který se často uvádí, souvisí s tělesnou výškou. Například Kolisko (2014) uvádí příklad s vysokými lidmi. Člověk, jehož výška je 190 cm a více, je vysoký. Ostatní lidé vysokí nejsou. Takže člověk, který má 190 cm, je vysoký a člověk, který měří 189 cm, již vysoký není, i když rozdíl výšek těchto dvou lidí je pouhý 1 cm. Navíc tělesná výška se během dne mění, takže člověk může být ráno vysoký a odpoledne už ne.

Příklad ze sportovního prostředí uvádí Zháněl, Lehnert a Černošek (2006). Definujeme jako plavce osobu, která uplave 200 metrů. Máme-li tedy osobu, která uplave o pouhý 1 cm méně, už tato osoba není plavec.

To bylo několik příkladů, kdy Cantorova teorie množin s ostrými hranicemi moc nefunguje, a proto se zavádějí fuzzy množiny.

Můžeme tedy výše uvedené příklady modelovat pomocí fuzzy množin s neostrou hranicí. V prvním případě do množiny vysokých lidí jistě patřili ti, jejichž výška je 200 cm a více. Do této množiny by jistě nepatřili ti, kteří měří 180 cm a méně. O zbytku populace, jejichž výška se pohybuje v intervalu (180 cm, 200 cm) si nejsme zcela jisti, zda do dané množiny patří. V jaké míře do dané množiny patří, lze vyjádřit hodnotou z intervalu (0,1). V případě, že funkce příslušnosti bude mít lineární průběh, pak člověk vysoký 190 cm má příslušnost k množině vysokých lidí 50 %, člověk vysoký 195 pak 75 %. Názorně to vidíme na obrázku 14.



Obr. 14. Srovnání klasické množiny a fuzzy množiny (Kolisko, 2014).

Stejně tak můžeme modelovat příklad s plavcem. Pokud člověk uplave 210 a více metrů, zcela jistě do množiny plavců patří. Pokud uplave 190 a méně metrů, pak do této množiny zcela jistě nepatří. U osoby, která uplave vzdálenost

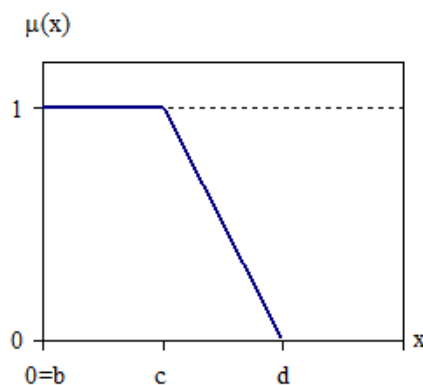


z intervalu (190 m, 210 m), si nemůžeme být zcela jisti, zda do množiny plavců patří nebo ne.

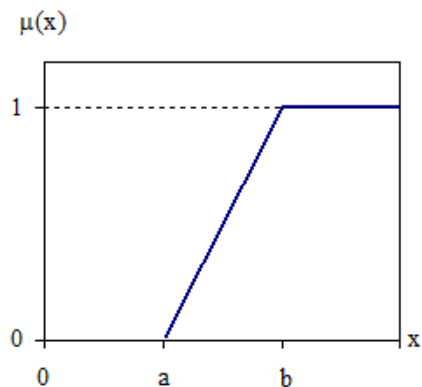
### 1.6.3 Definice fuzzy množiny

*„Nechť je dána univerzální množina  $X$  (klasická množina). Nechť dále existuje charakteristická funkce tzv. funkce příslušnosti  $\mu_A: X \rightarrow \langle 0,1 \rangle$ , která každému prvku  $x \in X$  přiděluje jeho míru (stupeň) příslušnosti  $\mu_A(x) \in \langle 0,1 \rangle$  k množině  $A$ . Pak podmnožina  $A$  univerza  $X$  nazýváme fuzzy množinou s prvky, pro které platí  $\mu_A(x) > 0$ . Zapisujeme  $A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}$ ” (Kolisko, 2014, 20).*

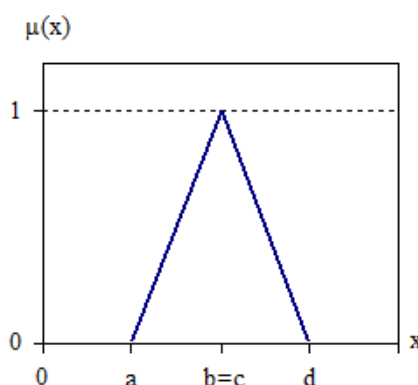
Hodnota  $\mu_A(x) \in \langle 0,1 \rangle$  pro každé  $x \in X$  určuje, na kolik je  $x$  prvkem fuzzy množiny  $A$ . Pokud  $\mu_A(x) = 1$ , pak  $x$  do množiny jistě patří. Pokud  $\mu_A(x) = 0$ , pak prvek  $x$  do množiny jistě nepatří. Pokud  $\mu_A(x) \in (0,1)$ , tak si nemůžeme být jisti tím, že prvek  $x$  do množiny patří. Čím vyšší hodnota  $\mu_A(x) \in (0,1)$ , tím více jsme přesvědčeni, že  $x$  do dané množiny patří. Například pokud pro nějaké  $x$  je  $\mu_A(x) = 0,75$ , tak jsme na 75 % přesvědčeni, že  $x$  do množiny patří.



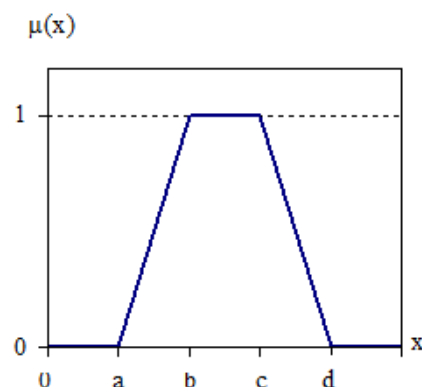
L - funkce příslušnosti



Γ - funkce příslušnosti



Λ - funkce příslušnosti



Π - funkce příslušnosti

Obr. 15. Grafy nejčastěji používaných funkcí příslušnosti fuzzy množin (Dynda & Medek, 1997, 5-6).

Funkce příslušnosti (Obr. 15) fuzzy množiny nazveme takovou funkcí, která zobrazí základní množinu na interval  $\langle 0,1 \rangle$ . Tato funkce je zobecněním funkce klasické množiny, která každému prvku přiřadí hodnotu 1, pokud do dané množiny patří, nebo 0, pokud do dané množiny nepatří. Zavedením funkce příslušnosti fuzzy množiny se zbavíme ostrých hranic a každému prvku bude přiřazena míra, s jakou do dané množiny patří. Tato míra se pak nazývá stupeň příslušnosti prvku do dané třídy. Fuzzy množinou pak nazveme třídu, ve které je každý její prvek charakterizován stupněm příslušnosti do ní. Stupeň příslušnosti nabývá tedy hodnot z intervalu  $\langle 0,1 \rangle$ , takže na vyjádření máme nekonečně mnoho možností, což je rozdíl oproti klasické teorii množin, kde se pracuje pouze se dvěma hodnotami (Hubáček, 2016).

Stupeň příslušnosti prvku  $x$  se tedy vyjadřuje z intervalu  $\langle 0,1 \rangle$ . Lze tedy říct, že pokud prvek  $x$  má stupeň 0, znamená to, že do dané množiny nepatří, pokud 1, pak do dané množiny patří úplně. Pokud stupeň nabývá hodnot z intervalu  $(0,1)$ , pak to znamená, že prvek  $x$  patří do dané množiny jen částečně (Cibulková, 2001).

#### **1.6.4 Aplikace fuzzy teorie**

Fuzzy množiny a fuzzy teorie se už několik let uplatňují v nejrůznějších oborech. V praxi se nejčastěji pracuje s tzv. fuzzy regulátory. Ty jsou úspěšně využívány například v dopravě, kde fungují jako regulátory rychlosti v metru, automobilech či ve výtazích. Uplatňují se také ve strojírenství, kde jsou využívány například v ledničkách či mikrovlnných troubách. Dále třeba v bankovníctví či energetice (Zio, Baraldi & Popescu, 2008).

Novák (2005) uvádí, že fuzzy regulátor řídil automatické rameno, které se využívalo při opravě Hubbleova teleskopu. Autor uvádí, že by se dalo využít i jiné technologie než fuzzy regulátoru, ale z hlediska času (vývoj fuzzy regulátoru trval cca 14 dnů) a nákladů je to nesrovnatelné. Jako další příklad použití fuzzy regulátoru uvádí řízení čističek odpadních vod. Ty díky tomuto regulátoru mohou být plně automatizovány.

Jak vidno, fuzzy teorie má v praxi největší uplatnění v řízení a regulaci. Využívají ji také některé aplikace, například na rozpoznávání obrázků. Lze ji také využít při rozhodování, kdy závisí na více faktorech tzv. vícekriteriální rozhodování. Fuzzy logika stále nachází nové uplatnění i v dalších oborech lidské činnosti (Ye, 2010).

#### **1.6.5 Aplikace fuzzy teorie ve sportu**

Aplikace fuzzy teorie se objevila například v házené, kde se posuzovala interakce mezi útokem a obranou, v učení jízdy na kole, u rychlobruslařů při analýze diagnostických dat, v lyžování či gymnastice (Zháněl, Lehnert & Černošek, 2006). Na posuzování výkonnostních předpokladů v tenise, konkrétně na motorické předpoklady, se pomocí fuzzy teorie zaměřili Hubáček a Zháněl (2013). Diagnostikou talentu dle morfologických charakteristik jako je výška a

BMI se zabývali Rogujl, Papič a Čavala (2009), kteří využili expertní hodnocení a fuzzy přístup. Vytvořili modely optimálního BMI a výšky pro různé sporty.

## 1.7 Software a fuzzy teorie

### 1.7.1 Nefrit

Tento počítačový program hodnotí výsledky mladých tenistů z testové baterie TENDIAG1. Původně byl vyvinut pro Českou národní banku, ale byl použit ve sportu, konkrétně v tenise a basketbalu (Talašová, 2003). Hlavní okno si lze prohlédnout na obrázku 16.



Obr. 16. Hlavní okno softwaru NEFRIT.

### 1.7.2 FuzzyTECH

Ve světě asi nejznámější počítačový program, který řeší problém vícekritériálního hodnocení pomocí teorie fuzzy množin, je FuzzyTECH. Uplatňuje se především v ekonomice a finančnictví (Biswasa, Lemaire, & Kofman, 2008).

### 1.7.3 FuzzME

Software FuzzME (Fuzzy models of Multiple – criteria Evaluation) pracuje na teoretickém konceptu hodnocení. Tento způsob se velice blíží původní teorii Zadeho. Hodnocení variant podle určitých kritérií představují jejich stupně splnění příslušných dílčích cílů. V softwaru lze mimo hodnocení čísla z intervalu  $\langle 0,1 \rangle$  využít i fuzzy hodnocení, které je modelováno fuzzy čísly taktéž na intervalu

$\langle 0,1 \rangle$ . Výsledná fuzzy hodnocení, které dostaneme agregací, mají podobně jasný výklad. Tento přístup k fuzzy hodnocení se používá také v softwaru NEFRIT, ale ve FuzzME se agregace neomezuje jen na metodu váženého průměru. FuzzME také umožňuje využívat k agregaci speciální operátory jako FuzzyOWA (stanovený vážený průměr), fuzzy Choguetův integrál či fuzzifikovaná WOVA. Výhodou je, že vícekritériální hodnotící funkce může být definována pomocí fuzzy bází pravidel. Fuzzy báze pravidel musí být definována a musí být zvolen algoritmus, přičemž k dispozici jsou Mamdaniho algoritmus, Sugeno-WA nebo algoritmus Sugeno-WOWA přibližného usuzování. Všechny tyto typy agregací lze libovolně kombinovat v témže stromě dílčích cílů. Celkové hodnocení odráží stupeň naplnění hlavního cíle. Slovní popis celkového hodnocení lze získat pomocí implementované jazykové aproximace algoritmu. Celkové hodnocení může být také srovnáváno v rámci daného souboru. Podle tohoto srovnávání může být zvolena nejlepší varianta, což je důvod, proč FuzzME lze využít také jako systém na podporu rozhodování. Softwarem je podporován import a export dat. Umožňuje též volit si jazyk softwaru. Na výběr je i český jazyk (Holeček & Talašová, 2010; Talašová & Holeček, 2009).

## **2 Cíle a hypotézy**

### **2.1 Formulace a zdůvodnění výzkumného záměru**

Somatické a motorické faktory sportovního výkonu hrají důležitou roli v tenise. Jejich podíl na výkonnosti lze hodnotit buď obvyklým přístupem teorií pravděpodobnosti, nebo pomocí matematické teorie fuzzy logiky. Výzkumný záměr spočívá v prezentaci možností využití fuzzy přístupu při hodnocení úrovně výsledků tenistů v testové baterii TENDIAG1 a v komparaci hodnocení úrovně tenistů získané pomocí pravděpodobnostního přístupu a fuzzy přístupu.

### **2.2 Výzkumné otázky**

- 1) Jak lze hodnotit úroveň výkonnostních předpokladů souboru tenistů (13-14 let) při využití diskrétního přístupu?
- 2) Jak lze využít fuzzy teorii k hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů souboru tenistů (13-14 let) pomocí fuzzy přístupu?
- 3) Lze prokázat významné rozdíly mezi výsledky při hodnocení výkonnostních předpokladů v tenise pomocí fuzzy přístupu a diskrétního přístupu?

### **2.3 Hypotézy**

$H_A$ : Mezi výsledky celkového hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenise pomocí fuzzy přístupu a při využití diskrétního přístupu existují statisticky významné rozdíly.

Komentář k  $H_A$ : Celkovým hodnocením rozumíme výsledné hodnocení z celé testové baterie (součet bodů ze všech hodnocených dílčích testů).

### **2.4 Dílčí cíle výzkumu**

- 1) Výpočet základních statistických charakteristik výsledků jednotlivých testů testové baterie TENDIAG1 pro soubor tenistů ve věku 13-14 let.
- 2) Vytvoření fuzzy funkcí pro jednotlivé položky testové baterie TENDIAG1
- 3) Konstrukce norem pro stanovení hraničních stupňů příslušnosti.

- 4) Vyhodnocení výsledků jednotlivých subtestů pomocí fuzzy hodnotících metod.
- 5) Ukázka komplexního vyhodnocení testové baterie užitím fuzzy hodnotících metod.
- 6) Posouzení významnosti rozdílů mezi výsledky celkového hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenise při použití fuzzy přístupu a diskrétního přístupu.

## **2.5 Výzkumný soubor**

Výzkumný záměr byl realizován u souboru tenistů ve věku 13-14 let, kteří se zúčastnili pravidelného testování střediskových výběrů Českého tenisového svazu. Testování bylo realizováno pomocí testové baterie TENDIAG1 (Zháněl, Balaš, Trčka & Shejbal, 2000) zaměřené na diagnostiku výkonnostních předpokladů v tenise. Soubor lze označit jako záměrný výběr, velikost souboru bylo 211 členů tréninkových středisek mládeže ( $n=211$ , výška  $170\pm 8,9$  cm, hmotnost  $57,2\pm 9,2$  cm), které se zúčastnily v letech 2000–2014 pravidelného testování střediskových výběrů Českého tenisového svazu.

## **2.6 Měřicí procedury a metody sběru dat**

Data byla získána pomocí testové baterie TENDIAG1 (Tab. 1). Tato testová baterie byla sestavena na základě literární rešerše již existujících testových baterií a také byly v úvahu brány názory tenisových expertů na význam motorických schopností na výkonnost v tenise.

Tab. 1. Testová baterie TENDIAG 1.

| I. OBLAST TĚLESNÝCH PŘEDPOKLADŮ                              | Jednotka |
|--|----------|
| 1. Tělesná výška (a měření hmotnosti pro výpočet BMI)        | [m][kg]  |
| 2. Body <u>Mass</u> Index                                    | [index]  |
| 3. Pohyblivost v ramenních kloubech                          | [index]  |
| II. OBLAST KONDIČNÍCH SCHOPNOSTÍ                             |          |
| 4. Síla herní ruky (testována síla stisku pravé i levé ruky) | [kp]     |
| 5. Rychlost běžecká (rychlost se změnou směru)               | [s]      |
| 6. Vytrvalost střednědobá (člunkový běh)                     | [s]      |
| III. OBLAST KOORDINAČNÍCH SCHOPNOSTÍ                         |          |
| 7. Rychlost reakce* (typu ruka-oko na vizuální podnět)       | [s]      |
| 8. Rychlost reakce* (typu noha-oko na vizuální podnět)       | [s]      |
| 9. Pohyblivost trupu   | [počet]  |

V testové baterii TENDIAG1 jsou zahrnuty měření somatických charakteristik. Tyto charakteristiky nejsou hodnoceny body a též nejsou zahrnuty v celkovém skóre testové baterie. Dále obsahuje testování úrovně kondičních schopností (síla herní ruky, běžecká rychlost, střednědobá vytrvalost) a koordinačních schopností (rychlost reakce).

## 2.7 Metoda analýzy dat

Naměřená data mají charakter fyzikálních veličin (sekundy) a bezrozměrných veličin indexového typu. Jako diskrétní metrická data můžeme označit výsledky z testu pohyblivosti trupu, který je hodnocen počtem správně provedených cyklů. Můžeme tedy všechna data nazývat metrickými. Normalita rozložení dat byla ověřena pomocí Kolmogorov – Smirnov testu (K – S test). Závislost mezi proměnnými jsme zjišťovali pomocí Pearsonova korelačního koeficientu, věcná významnost byla posouzena pomocí Cohenova d. Významnost diferencí středních hodnot byla posouzena pomocí Studentova t – testu. Data byla zpracována v softwaru MS EXCEL. Pro konstrukci hodnotících funkcí byl využit software FuzzME, který byl vyvinutý na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci.



### 3 Výsledky

Přehled základních statistických charakteristik souboru tenistů ( $n=211$ ) ve věkové kategorii 13-14 let je prezentován v tabulkách 2 a 3.

Tab. 2. Základní statistické charakteristiky souboru tenistů 13-14 let.

| položka    | n   | M      | SD   | Min    | Max    | K-S test   | Liliefors  |
|------------|-----|--------|------|--------|--------|------------|------------|
| výška      | 211 | 170,34 | 8,96 | 148,0  | 192,0  | $p > 0,20$ | $p < 0,01$ |
| hmotnost   | 211 | 57,23  | 9,25 | 33,2   | 83,9   | $p > 0,20$ | $p > 0,20$ |
| T1 [kp]    | 209 | 34,61  | 7,41 | 18,80  | 53,30  | $p > 0,20$ | $p > 0,05$ |
| T2 [s]     | 210 | 13,96  | 0,77 | 12,40  | 15,93  | $p < 0,20$ | $p < 0,05$ |
| T3 [s]     | 209 | 144,45 | 7,58 | 126,45 | 169,00 | $p > 0,20$ | $p > 0,20$ |
| T4 [s]     | 211 | 0,50   | 0,06 | 0,38   | 0,70   | $p < 0,20$ | $p < 0,01$ |
| T5 [s]     | 211 | 0,39   | 0,04 | 0,30   | 0,51   | $p < 0,20$ | $p < 0,01$ |
| T6 [počet] | 205 | 42,31  | 3,90 | 33,00  | 54,00  | $p < 0,20$ | $p < 0,01$ |

Vysvětlivky:

n ... rozsah souboru

M ... aritmetický průměr

SD ... směrodatná odchylka

min ... minimální hodnota

max ... maximální hodnota

K – S test ... Kolmogorov-Smirnov test

T1 ... síla herní ruky

T2 ... rychlost běžecká

T3 ... vytrvalost střednědobá

T4 ... rychlost reakce rukou

T5 ... rychlost reakce nohou

T6 ... pohyblivost trupu

Testování normality pomocí Kolmogorov-Smirnova testu prokázalo u všech testů normalitu rozložení výzkumných dat. Při použití Liliefors testu, jež je vhodný pro menší rozsahy souborů, bylo normální rozložení potvrzeno pouze u některých položek. V komponentě věk nebylo normální rozložení prokázáno ani jednou z metod.

Tab. 3. Testové položky TENDIAG1 a normy pro věk 13–14 let (tenisti).

| Kód | Název proměnné         | Zaměření                        | Střední úroveň  | Jednotka   |
|-----|------------------------|---------------------------------|-----------------|------------|
| T1  | Síla                   | Síla herní ruky                 | 27,20 – 42,02   | kp         |
| T2  | Rychlost běžecká       | Rychlost běhu se změnami směru  | 13,19 – 14,73   | s          |
| T3  | Vytrvalost střednědobá | Vytrvalost se změnami směru     | 136,87 – 152,03 | s          |
| T4  | Rychlost reakce rukou  | Rychlost reakce typu oko - ruka | 0,44 – 0,56     | s          |
| T5  | Rychlost reakce nohou  | Rychlost reakce typu oko - noha | 0,35 – 0,43     | s          |
| T6  | Pohyblivost trupu      | Koordinace a flexibilita trupu  | 38,41 – 46,21   | Počet/20 s |

*Vysvětlivky:* viz Tab. 2.

### 3.1 Pravděpodobnostní přístup

U bodového hodnocení (Tab. 4) s využitím pravděpodobnostního přístupu testovaná osoba získá v každém testu bodovou hodnotu odpovídající podanému výkonu s využitím hodnotících kategorií nízká úroveň (0 bodů), střední úroveň (1 bod), vysoká úroveň (2 body). Celkově může testovaná osoba získat ze šesti testů 0 – 12 bodů. S využitím počítačového programu Microsoft Excel byl vytvořen software pojmenovaný TENPROG, který slouží k převodu hrubého skóre na bodové hodnocení výsledků z baterie TENDIAG1 (Zedník & Zháněl, in Zháněl, 2005).

Tab. 4. Příklad bodového hodnocení jednotlivých subtestů vybraných tenistů (13-14 let).

| Proband | T1   | T2   | T3    | T4   | T5   | T6  | T1  | T2  | T3  | T4  | T5  | T6  | $\Sigma$<br>body |
|---------|------|------|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|
| 1       | 23,2 | 14,5 | 144,0 | 0,54 | 0,35 | 41  | 0   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 6                |
| 2       | 22,4 | 14,7 | 153,9 | 0,50 | 0,39 | 42  | 0   | 1   | 0   | 1   | 1   | 1   | 4                |
| 3       | 42,0 | 13,5 | 137,1 | 0,64 | 0,40 | 48  | 2   | 2   | 2   | 0   | 1   | 2   | 9                |
| ...     | ...  | ...  | ...   | ...  | ...  | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ...              |
| 209     | 49,0 | 13,3 | 127,5 | 0,50 | 0,39 | 42  | 2   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 9                |
| 210     | 41,8 | 13,6 | 132,0 | 0,58 | 0,40 | 37  | 2   | 2   | 2   | 0   | 1   | 0   | 7                |
| 211     | 30,7 | 14,7 | 144,9 | 0,53 | 0,38 | 42  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 6                |

*Vysvětlivky: viz Tab. 2.*

### 3.2 Fuzzy přístup

Při využití fuzzy přístupu musíme v prvním kroku zvolit odpovídající funkci příslušnosti pro každý test z testové baterie TENDIAG1 (Tab. 5). Pro testy, ve kterých s rostoucí dosaženou hodnotou roste i hrubé skóre, se používá funkce typu S. V testech, ve kterých s rostoucí dosaženou hodnotou hrubé skóre klesá, se používá funkce typu Z (Talašová, 2000). Obě tyto funkce příslušnosti mají dva body zlomu. Tyto body zlomu dělí funkci na tři intervaly výkonnostních úrovní.

Tab. 5. Přehled funkcí příslušnosti pro jednotlivé testy.

|    | Položky                  | Funkce příslušnosti |
|----|--------------------------|---------------------|
| T1 | Síla herní ruky          | S                   |
| T2 | Rychlost (běžecká)       | Z                   |
| T3 | Vytrvalost (střednědobá) | Z                   |
| T4 | Rychlost reakce rukou    | Z                   |
| T5 | Rychlost reakce nohou    | Z                   |
| T6 | Pohyblivost trupu        | S                   |

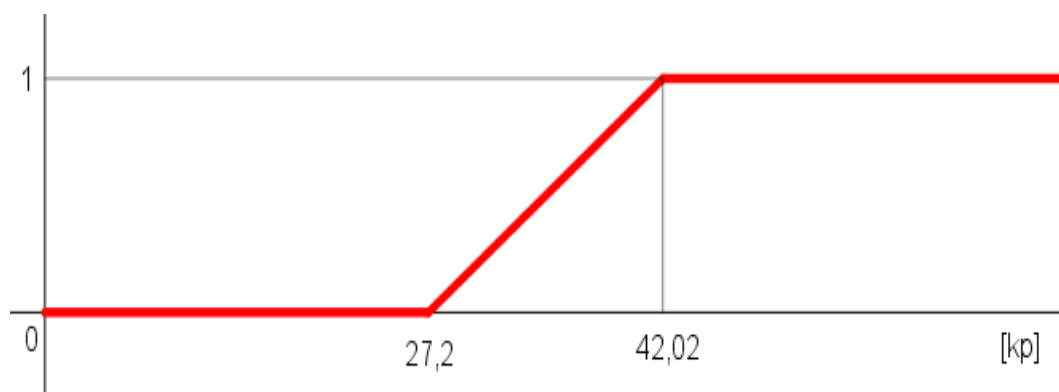
Konstrukci předpisu S funkce a Z funkce popisuje Hubáček (2016). Ke konstrukci S funkce příslušnosti si označíme jako  $v_i$  výsledek testované osoby, kterého dosáhla v testu číslo  $i$ . Jako  $a_i$  označíme hodnotu, která je v testu číslo  $i$  absolutně nevyhovující. Číslo  $a_i$  odpovídá hodnota  $M - SD$ . Jako  $b_i$  označíme hodnotu, která je v testu číslo  $i$  absolutně vyhovující. Číslo  $b_i$  odpovídá hodnota  $M + SD$ . V otevřeném intervalu  $(M - SD, M + SD)$  má každá hodnota přiřazenou hodnotu z intervalu  $(0,1)$ . Lze tedy definovat S funkci příslušnosti takto:

$$A(v_i, a_i, b_i) = \begin{cases} 0 & \text{pro } v_i \leq a_i \\ \frac{v_i - a_i}{b_i - a_i} & \text{pro } a_i < v_i < b_i \\ 1 & \text{pro } v_i \geq b_i \end{cases}$$

K vybudování předpisu Z funkce příslušnosti využijeme označení  $v_i$  z předchozí definice. Jako  $c_i$  označíme hodnotu, která je v testu číslo  $i$  absolutně vyhovující a odpovídá hodnotě  $M - SD$ . Jako  $d_i$  označíme hodnotu, která je v testu číslo  $i$  absolutně nevyhovující. Obecně lze tedy definovat Z funkci příslušnosti takto:

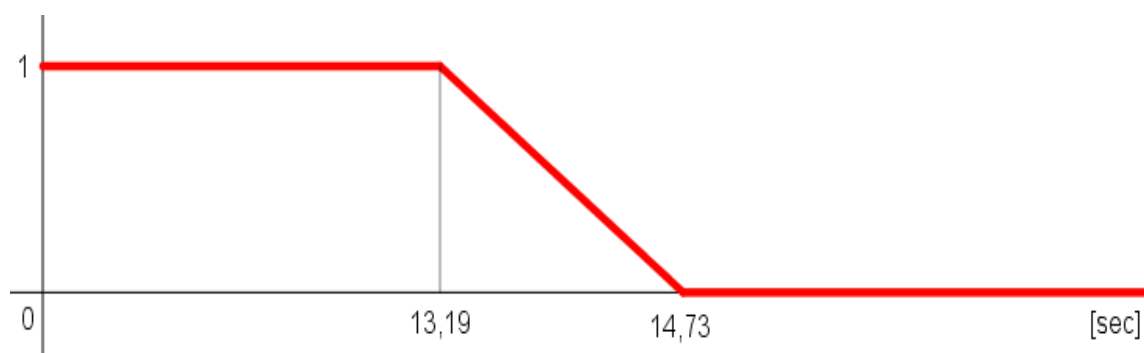
$$A(v_i, d_i, c_i) = \begin{cases} 1 & \text{pro } v_i \leq c_i \\ \frac{d_i - v_i}{d_i - c_i} & \text{pro } c_i < v_i < d_i \\ 0 & \text{pro } v_i \geq d_i \end{cases}$$

Jak vypadají funkce příslušnosti pro jednotlivé testy testové baterie TENDIAG1 si ukážeme nyní. Jednotlivé funkce příslušnosti jsou zkonstruovány i s hraničními body pro výkonnostní úroveň tenistů ve věku 13-14 let.

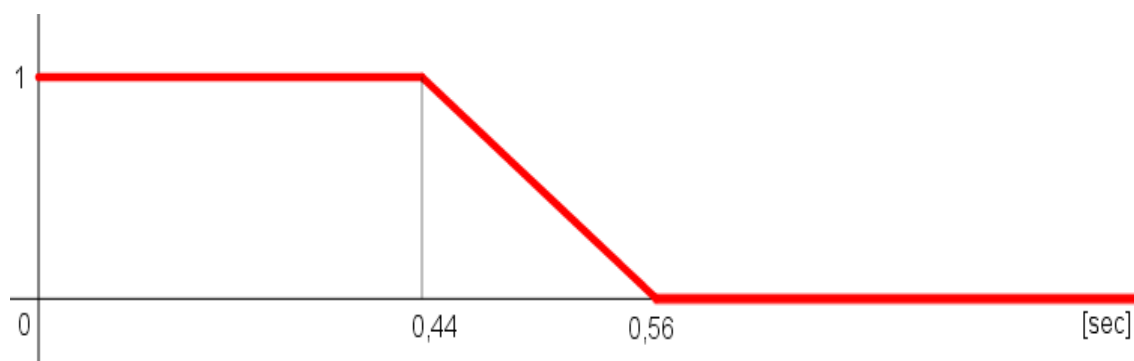


Obr. 17. Funkce příslušnosti pro test T1 síla herní ruky.

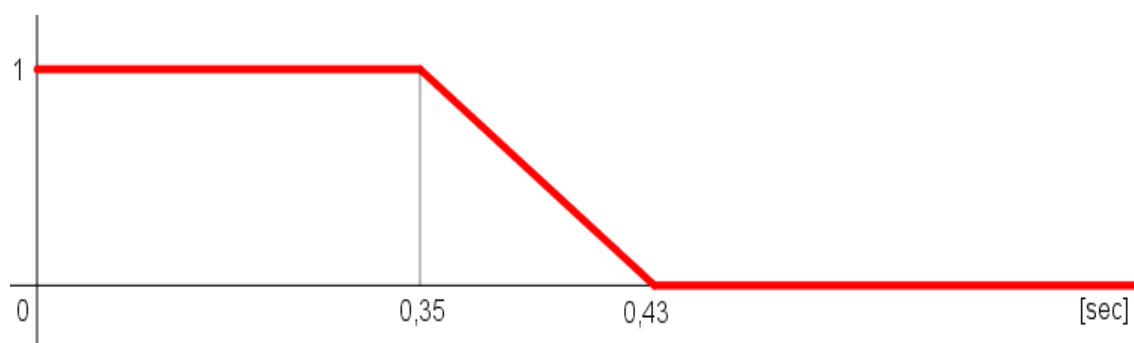
Funkce příslušnosti pro test T1 (síla herní ruky) z testové baterie TENDIAG1 je typu S. Můžeme ji vidět na obrázku 17. Funkce příslušnosti je na intervalu střední úrovně síly (27,2; 42,02) lineárně rostoucí, tzn., že čím vyšší je síla herní ruky, tím vyšší je stupeň příslušnosti. Funkce nad horní hranicí střední úrovně již dále neroste, ale je konstantní, tzn., že z hlediska sportovního výkonu v tenise není důležitá maximální úroveň síly, ale zcela dostatečná je její nadprůměrná úroveň. Síla herní ruky se měří pomocí ručního digitálního dynamometru.



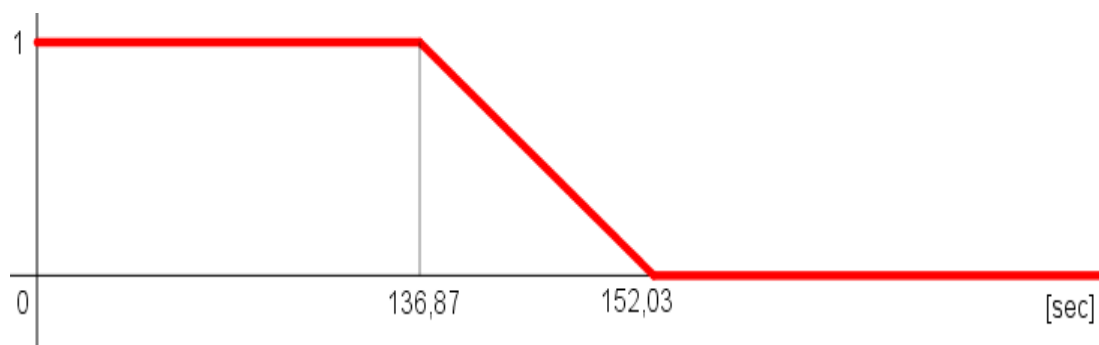
Obr. 18. Funkce příslušnosti pro test T2 běžecká rychlost.



Obr. 19. Funkce příslušnosti pro test T4 rychlost reakce rukou.



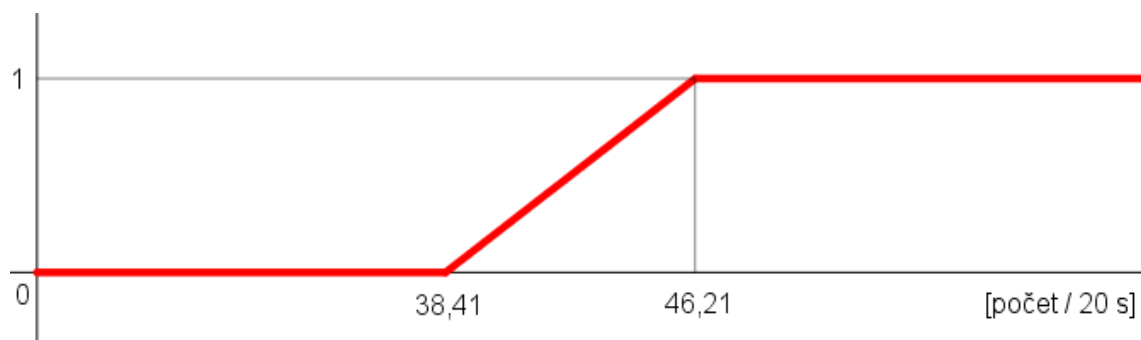
Obr. 20. Funkce příslušnosti pro test T5 rychlost reakce nohou.



Obr. 21. Funkce příslušnosti pro test T3 střednědobá vytrvalost.

Na obrázcích 18, 19, 20 a 21 vidíme funkce příslušnosti pro testy T2 (běžecí rychlost), T3 (střednědobá vytrvalost), T4 (rychlost reakce rukou) a T5 (rychlost reakce nohou) testové baterie TENDIAG1. Úroveň běžeckých schopností a reakčních schopností se zjišťuje pomocí času provedení pohybové činnosti. Čas běžecké rychlosti a střednědobé vytrvalosti se měří pomocí stopek. Čas rychlosti reakce rukou a nohou se měří pomocí speciálního softwaru a hardwaru firmy FiTRONiC.

Všechny funkce příslušnosti pro testy T2, T3, T4, T5 jsou typu Z. Každá tato funkce příslušnosti je na intervalu střední úrovně lineárně klesající se zvyšujícím se časem, tzn., že čím delší čas, tím horší výsledek rychlosti/vytrvalosti. Pod spodní i nad horní hranicí intervalu střední úrovně je funkce příslušnosti konstantní.



Obr. 22. Funkce příslušnosti pro test T6 pohyblivost trupu.

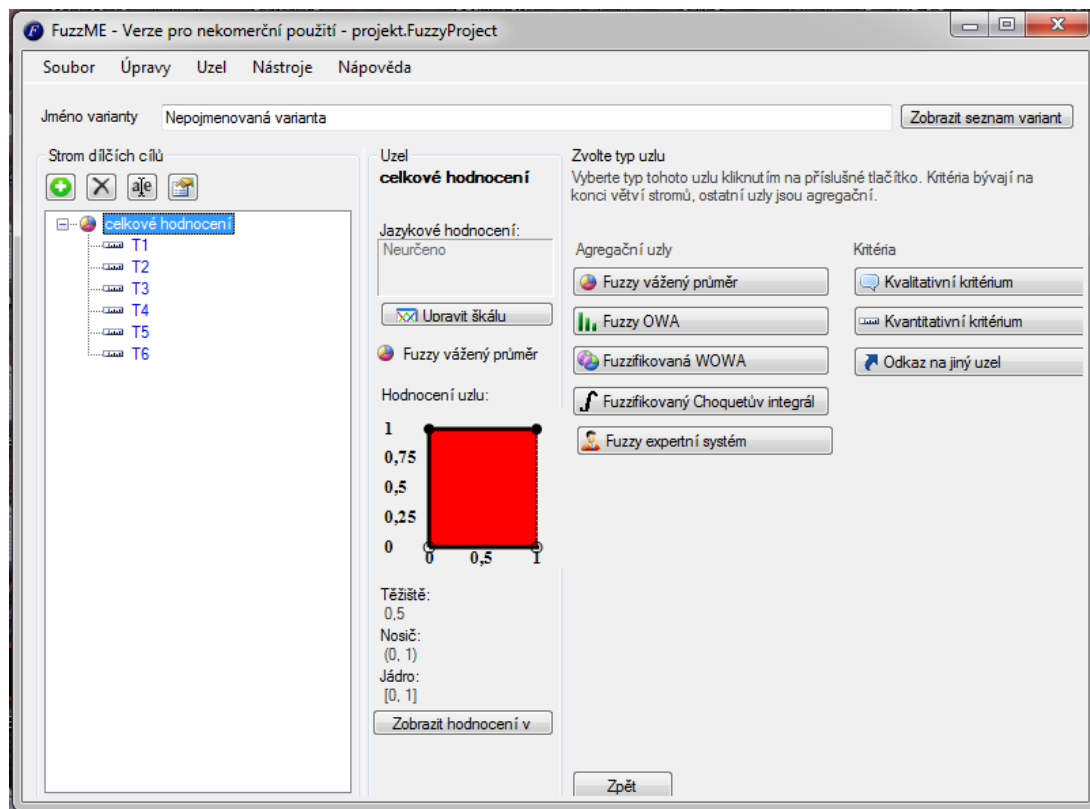
Stejně jako funkce příslušnosti pro test síly herní ruky, tak i funkce příslušnosti pro test T6 (pohyblivost trupu) je typu S (Obr. 22). Čím vícekrát se testovaná osoba dotkne terčů za 20 sekund, tím lepší má hodnocení. To platí na intervalu střední úrovně, kde je funkce příslušnosti lineárně rostoucí. Funkce je nad horní hranicí intervalu střední úrovně konstantní. Stejně tak je konstantní pod dolní hranicí intervalu střední úrovně.

Tab. 6. FuzzME hodnocení jednotlivých subtestů vybraných tenistů (13-14 let).

| Proband | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | Celkové hodnocení |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| 1       | 0     | 0,149 | 0,529 | 0,167 | 1     | 0,332 | 0,363             |
| 2       | 0     | 0,019 | 0     | 0,5   | 0,5   | 0,46  | 0,247             |
| 3       | 0,999 | 0,799 | 0,985 | 0     | 0,375 | 1     | 0,693             |
| ...     | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...               |
| 209     | 1     | 0,929 | 1     | 0,5   | 0,5   | 0,46  | 0,731             |
| 210     | 0,985 | 0,734 | 1     | 0     | 0,375 | 0     | 0,516             |
| 211     | 0,236 | 0,019 | 0,469 | 0,25  | 0,625 | 0,46  | 0,343             |

### 3.2.1 Výpočet stupně příslušnosti pomocí softwaru FuzzME

Při určení stupně příslušnosti pomocí softwaru FuzzME jsme ze všeho nejdříve museli sestavit strom dílčích cílů. Strom dílčích cílů se skládá z hlavních uzlů a jeho poduzlů. V našem případě jsme měli jeden hlavní uzel a tím bylo celkové hodnocení. Hlavní uzel měl šest poduzlů. Poduzly tvořily jednotlivé položky testové baterie TENDIAG1. V dalším kroku bylo nutné stanovit kritéria jednotlivých poduzlů, zda je kvalitativního či kvantitativního rázu. U všech testů se jednalo o kvantitativní kritéria. Dalším krokem bylo nastavení vah. Jelikož všechny testy byly pro celkové hodnocení stejně důležité, jednalo se o normované váhy stanovené aritmetickým průměrem. Na obrázku 23 je vidět sestavený strom dílčích cílů v softwaru FuzzME.

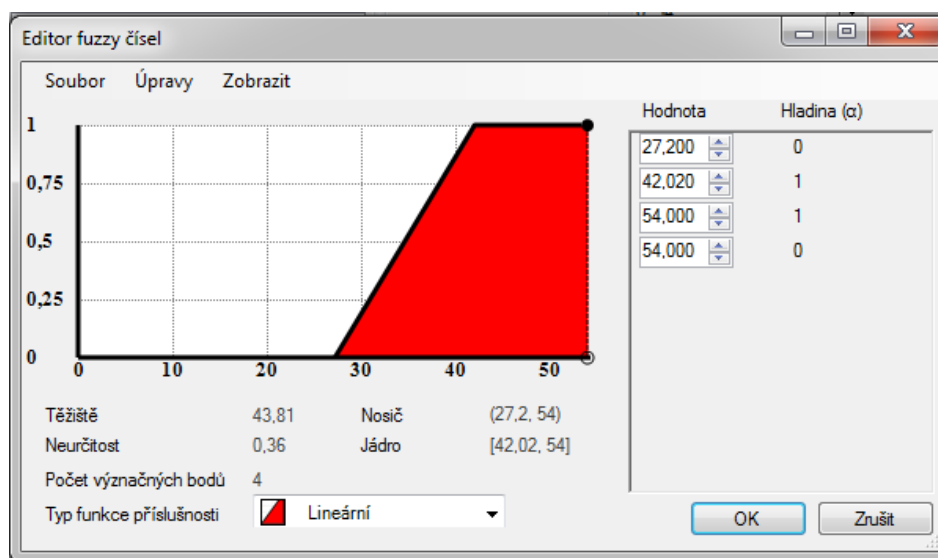


Obr. 23. Hlavní okno programu FuzzMe a sestavený strom dílčích cílů.

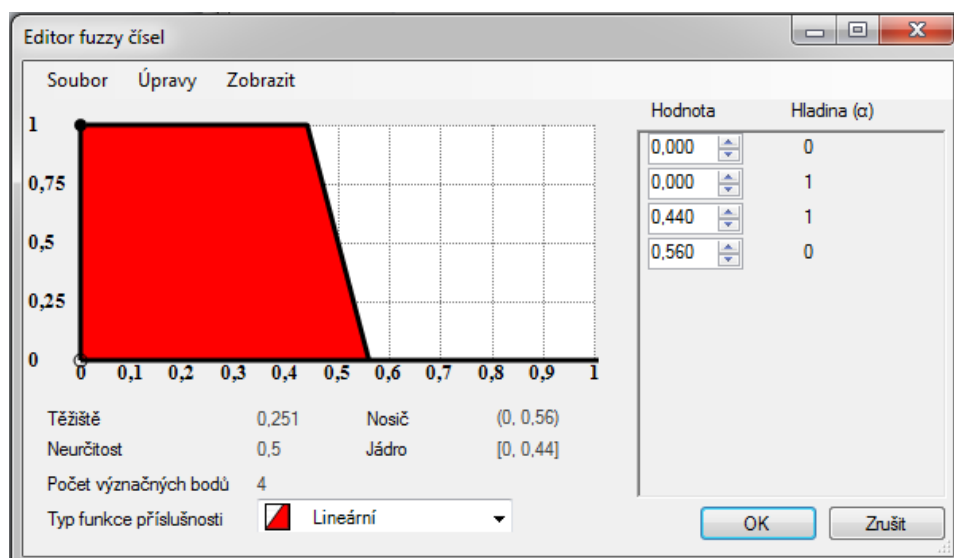
U každého poduzlu bylo nutné určit typ hodnotící funkce příslušnosti (klesající, rostoucí), obor hodnot kritérií, začátek intervalu přijatelných hodnot a nejmenší zcela vyhovující hodnotu. Při jednotlivých hodnotících funkcích



příslušnosti bylo také třeba určit intervaly tak, abychom byli schopni do nich bezpečně zařadit všechny naměřené výsledky z jednotlivých položek testové baterie TENDIAG1 tzn., že hranice byla buď maximum z naměřených hodnot, nebo taková hodnota, které by probandí nikdy nedosáhli. Na obrázku 24 je hodnotící funkce příslušnosti pro sílu a na obrázku 25 je hodnotící funkce příslušnosti pro rychlost reakce rukou.

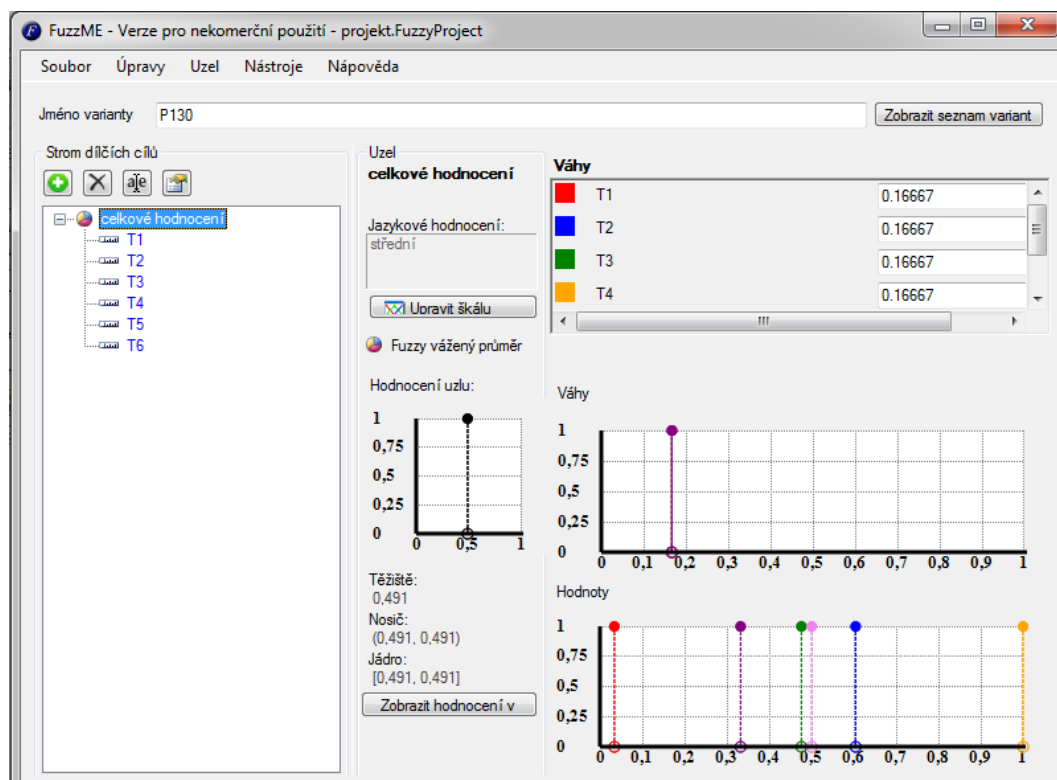


Obr. 24. Hodnotící funkce příslušnosti pro sílu herní ruky v programu FuzzME.



Obr. 25. Hodnotící funkce příslušnosti pro rychlost reakce rukou v programu FuzzME.

Nyní už bylo vše nachystáno k tomu, abychom mohli začít vyhodnocovat jednotlivé tenisty. Naměřená data jsme importovali ze softwaru Microsoft Excel ve formátu csv. Po importu těchto dat software FuzzME automaticky přiřadil všem probandům odpovídající stupeň příslušnosti.

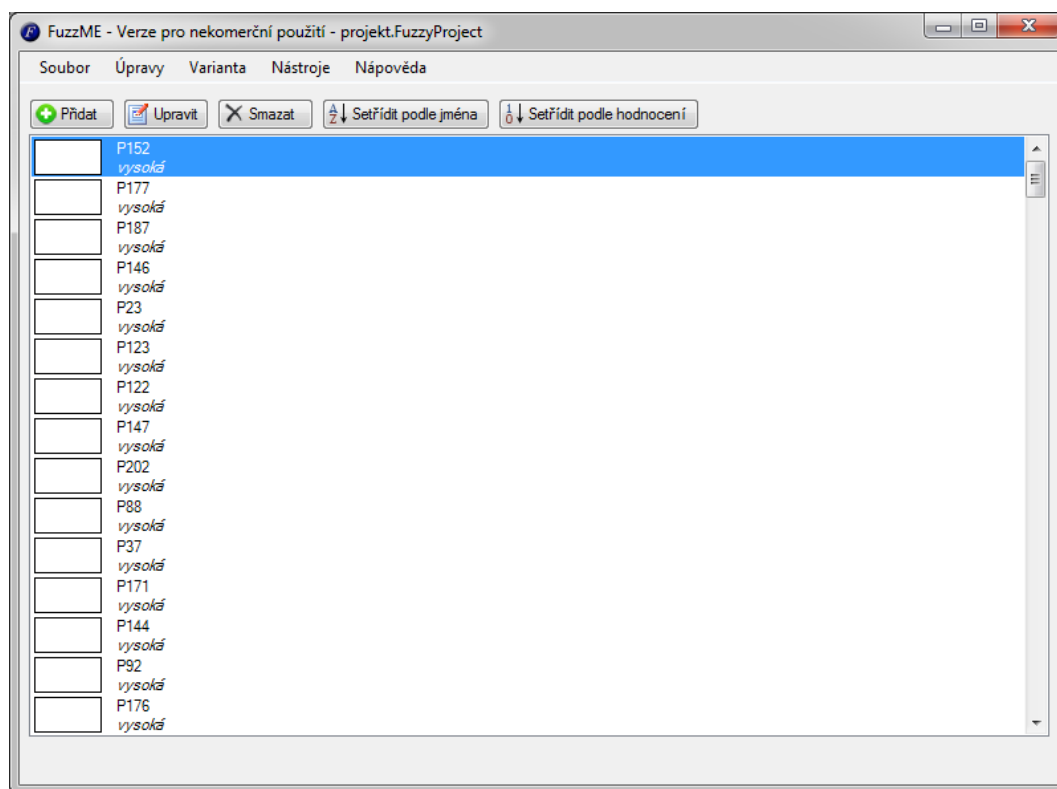


Obr. 26. Hodnocení probanda č. 130 v programu FuzzME.

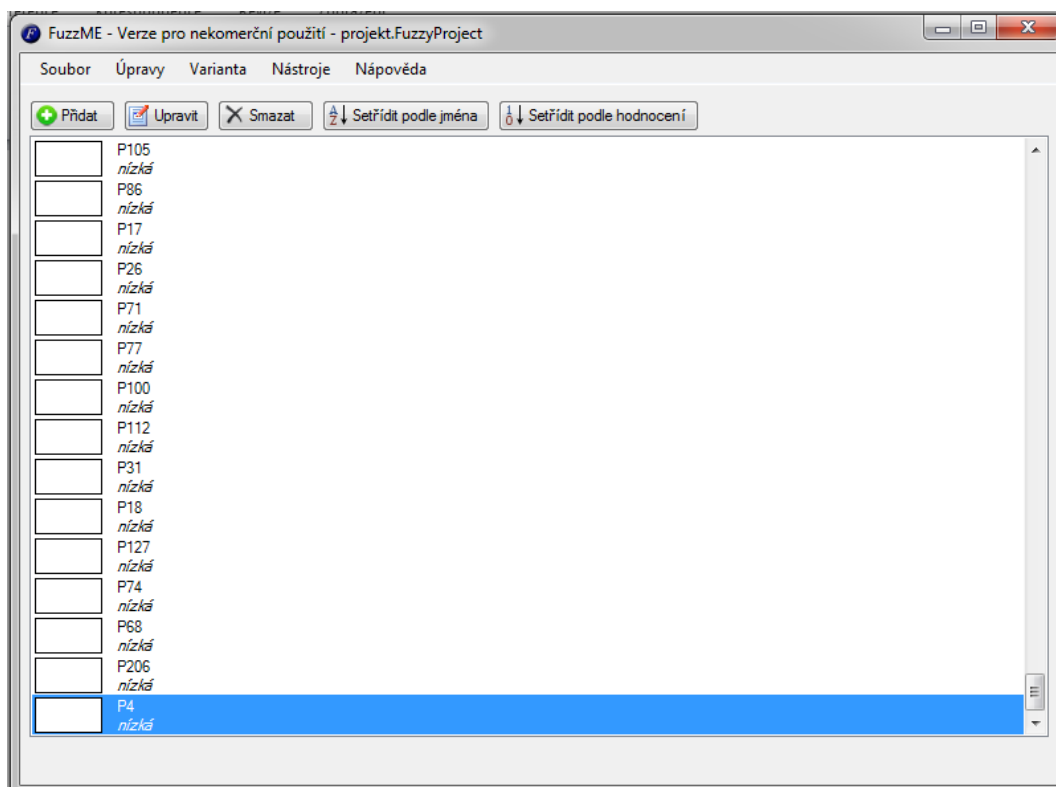
Na obrázku 26 můžeme vidět např. hodnocení probanda č. 130. V levé části vidíme strom dílčích cílů. U každého probanda se můžeme podívat na jeho celkové hodnocení nebo na hodnocení jeho výkonu v jednotlivých testech. V pravé části nahoře se nachází jednotlivé položky testové baterie TENDIAG1, které jsou barevně rozlišeny. U každé položky je též její váha. Jelikož se jedná o normované váhy, mají všechny položky přiřazenou stejnou hodnotu 0,16667. V pravé části uprostřed se nachází graf pro váhy. Jelikož se jedná o normované váhy, tak všechny váhy splývají. Pod tímto grafem můžeme porovnat výsledky probanda v jednotlivých testech. Můžeme zde lehce vidět, ve kterých testech byl proband úspěšný více a ve kterých méně. V našem případě u probanda č. 130 vidíme, že v testu T4 dosáhl hodnocení 1, ale v testu T1 se jeho výkon blíží téměř

hodnocení 0. Celkové hodnocení probanda lze vidět uprostřed. Je vyjádřeno slovně dle zadané úrovně, graficky na škále od 0 do 1 podle pravidel fuzzy logiky a číselně jako těžiště na škále od 0 do 1. U našeho probanda č. 130 tedy vidíme, že dosáhnul střední úrovně s těžištěm 0,491.

V softwaru FuzzME si lze rovněž prohlédnout výsledky a hodnocení všech probandů v tenise pomocí testové baterie TENDIAG1. Software umožňuje seřadit si probandy abecedně podle jména nebo podle dosažených výsledků. Na následujících obrázcích jsou probandi seřazeni podle hodnocení. Software je seřadí od nejlepšího výkonu k nejhoršímu. Na obrázku 27 lze vidět, že nejlepšího výsledku ze všech testovaných tenistů dosáhnul proband č. 152. Rovněž si lze všimnout, že každý proband má znázorněno i jeho celkové jazykové hodnocení. Hráči, kteří dosáhli hodnocení vysoká úroveň, mají vysoké výkonnostní předpoklady pro tenis. Právě naopak je tomu na obrázku 28, kde jsou probandi, kteří získali nejnižší hodnocení. Nejhuře ze všech je na tom proband č. 4.



Obr. 27. Nejlépe hodnocení probandi.



Obr. 28. Nejhůře hodnocení probandi.

### 3.2.2 Porovnání pravděpodobnostního a fuzzy přístupu

Z důvodu, že všechny funkce příslušnosti a i celkové hodnocení u fuzzy přístupu jsou definovány pouze na intervalu  $\langle 0,1 \rangle$  (0 zcela nevyhovuje, 1 zcela vyhovuje), musel být součet hodnocení z testů T1 až T6 vynásoben číslem 2. Po této jednoduché operaci je možné hodnocení z obou přístupů porovnávat. Hodnocení jednotlivých testů, při fuzzy přístupu, jsme zaokrouhlili na 3 desetinná místa v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$ .

V následující tabulce (Tab. 7) je porovnání výsledků, které jsme získali pomocí pravděpodobnostního přístupu, s výsledky, které jsme získali fuzzy přístupem. Diferenci mezi oběma přístupy je v posledním sloupci. Jak je vidět, diference může být buď kladná, nebo záporná. Jestliže je diference záporná, znamená to, že proband dosáhl lepšího výsledku při použití pravděpodobnostního přístupu. Jestliže je diference kladná, znamená to, že proband dosáhl lepšího výsledku při použití fuzzy přístupu. Pokud by byla diference nulová, znamenalo by to, že proband dosáhl stejného hodnocení oběma přístupy.

Tab. 7. Srovnání bodového hodnocení a fuzzy hodnocení.

| Proband | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | Fuzzy (2x) | $\Sigma$ body | Diference |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|---------------|-----------|
| 1       | 0     | 0,149 | 0,529 | 0,167 | 1     | 0,332 | 4,354      | 6             | -1,646    |
| 2       | 0     | 0,019 | 0     | 0,5   | 0,5   | 0,46  | 2,958      | 4             | -1,042    |
| 3       | 0,999 | 0,799 | 0,985 | 0     | 0,375 | 1     | 8,316      | 9             | -0,684    |
| ...     | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...        | ...           | ...       |
| 156     | 0,999 | 1     | 0,496 | 0,917 | 0,625 | 0,204 | 8,482      | 8             | 0,482     |
| ...     | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...        | ...           | ...       |
| 209     | 1     | 0,929 | 1     | 0,5   | 0,5   | 0,46  | 8,778      | 9             | -0,222    |
| 210     | 0,985 | 0,734 | 1     | 0     | 0,375 | 0     | 6,188      | 7             | -0,812    |
| 211     | 0,236 | 0,019 | 0,469 | 0,25  | 0,625 | 0,46  | 4,118      | 6             | -1,882    |

*Vysvětlivky: viz Tab. 2*

Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu a hladinu statistické významnosti mezi výsledky pravděpodobnostního přístupu a fuzzy přístupu u souboru tenistů 13-14 let (n=211) jsme vypočítali pomocí softwaru Microsoft Excel. Korelační koeficient nabývá hodnoty  $r=0,94$ , což znamená věcně i statisticky významnou korelaci mezi výsledky obou hodnocení. Hendl (2009) uvádí, že pokud se korelační koeficient pohybuje v intervalu (0,7 až 1,0), jde o velkou sílu asociace. To tedy znamená, že výsledky hodnocení souboru tenistů oběma přístupy se významně neliší. Pomocí Cohenova  $d$  jsme posoudili věcnou významnost rozdílu středních hodnot. Zjištěná hodnota  $d=0,36$  ukazuje na nízkou věcnou významnost bodové difference mezi oběma přístupy. Alternativní hypotézu, která předpokládá významné rozdíly v hodnocení pomocí jednotlivých přístupů, tedy zamítáme.

Pro detailnější analýzu jsme výzkumný soubor rozdělili na dva subsoubory tenistů, jež v jednotlivých testech dosáhli hraničního výkonu, a jejich výsledek se číselně nachází v blízkosti další výkonnostní třídy. Jednotlivé hodnotící kategorie odpovídají bodovým intervalům nízká = <1-4> , střední = <5-8>, vysoká = <9-12>. Zvolili jsme subsoubory hráčů, kteří získali 4-5 bodů (n=34) resp. 8-9 bodů (n=49). Korelační koeficient u prvního subsouboru nabývá hodnoty  $r=0,40$ , u

druhého subsouboru nabývá hodnoty  $r=0,43$ . U obou subsouborů se tedy jedná o statisticky významnou, ale věcně nízkou souvislost výsledků hodnocení. Věcná významnost rozdílu středních hodnot u zvolených subsouborů byla opět posouzena pomocí Cohenova  $d$ . U prvního subsouboru tenistů, kteří získali 4-5 bodů, byla hodnota  $d=0,79$ , která signalizuje hraniční (střední/vysokou) věcnou významnost bodové difference oběma způsoby hodnocení. U druhého subsouboru tenistů byla hodnota  $d=0,56$ , což signalizuje střední věcnou významnost bodové difference mezi oběma hodnoceními. Přestože ověření statistické významnosti rozdílu středních hodnot pomocí Studentova  $t$ -testu ( $p=0,01$  u obou skupin) prokázala statisticky významný rozdíl středních hodnot, přikláníme se k názoru Blahuše (2000), který doporučuje v případě, že se nejedná o náhodný výběr probandů (což je náš případ) nejprve posoudit velikost věcné významnosti a upřednostnit její závěry.

## 4 Diskuze

Diplomová práce ukazuje možnosti využití fuzzy přístupu při hodnocení výkonnostních předpokladů tenistů v testové baterii TENDIAG1 (Zháněl, Balaš, Trčka & Shejbal, 2000). Hubáček (2016) ve své práci hodnotil výkonnostní předpoklady pomocí fuzzy přístupu. Taktéž nastínil srovnání fuzzy přístupu s klasickým pravděpodobnostním přístupem. Využili jsme hodnotící funkce příslušnosti, které ve své práci využívá i Hubáček (2016). Bylo však potřeba změnit hraniční body tak, aby odpovídaly výsledkům zkoumaných výzkumných dat.

Statistickou souvislost mezi výsledky získané fuzzy přístupem a pravděpodobnostním přístupem u souboru tenistů ( $n=211$ ) jsme posuzovali pomocí korelačního koeficientu ( $r=0,94$ ). Toto posouzení prokázalo věcně významnou kladnou korelaci mezi výsledky z obou přístupů.

Významnost diferencí mezi úrovněmi středních hodnot zjištěných pomocí obou přístupů nebyla prokázána ( $d=0,37$ ). Alternativní hypotézu, ve které jsme předpokládali významné rozdíly v hodnocení z obou přístupů, proto zamítáme.

Rovněž jsme posuzovali statistickou souvislost mezi výsledky z obou přístupů u dvou subsouborů tenistů. Prvním souborem byli hráči, kteří dosáhli celkového hodnocení 4-5 bodů, druhým subsouborem byli hráči, kteří dosáhli celkového hodnocení 8-9 bodů. U obou těchto subsouborů byla prokázána statisticky významná, ale věcně nevýznamná závislost mezi výsledky ( $r=0,40$ ,  $r=0,43$ ).

Posouzení diferencí středních hodnot výsledků subsouborů pomocí obou přístupů prokázalo hraniční ( $d=0,79$ , střední/vysokou) resp. střední ( $d=0,56$ ) věcnou významnost. V souladu s Blahušem (2000) nepovažujeme statistickou významnost zjištěnou pomocí t-testu za relevantní, jelikož výzkumné soubory nebyly získány náhodným výběrem.

Podobný výzkum s podobnými závěry prováděl Hubáček (2014) u tenistů ( $n=88$ , věk  $12,5\pm 0,3$ ), jím zjištěný korelační koeficient obou hodnocení byl  $r=0,92$ . Nebyla tedy prokázána významnost diferencí mezi hodnocením výsledků fuzzy přístupem a pravděpodobnostním přístupem.

## 5 Závěr

Cílem diplomové práce bylo ukázat možnost, jak využít fuzzy teorii pro hodnocení výkonnostních předpokladů ve sportu, konkrétně v tenise, a posouzení difference v hodnocení výsledků získaných pomocí testové baterie TENDIAG1. Výzkum byl prováděn na souboru tenistů ( $n=211$ ) ve věku 13-14 let. Výsledky byly hodnoceny pomocí pravděpodobnostního přístupu a poté pomocí fuzzy přístupu.

Na základě výpočtu základních statistických charakteristik jako aritmetický průměr či směrodatná odchylka z naměřených dat, jsme mohli sestavit výkonnostní normy (nízká, střední, vysoká) a dále porovnávat celkové hodnocení z obou přístupů.

Vzhledem k charakteru jednotlivých testů testové baterie TENDIAG1 byly zvoleny po částech lineární funkce příslušnosti typu S a Z. Stupeň příslušnosti pro každého tenistu a každý jeho výsledek byl získán díky softwaru FuzzME.

Korelační koeficient prokázal statisticky kladnou míru korelace mezi výsledky celkového hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů s využitím pravděpodobnostního a fuzzy přístupu. Stejně tak u subsouborů hráčů, kteří se svými výsledky blížili hranici výkonnostní třídy, byla prokázána významná závislost mezi výsledky.

Posouzení významnosti difference středních hodnot mezi výsledky celkového hodnocení s využitím obou přístupů pomocí Cohenova  $d$  neprokázala významný rozdíl. Hypotéza  $H_A$  byla proto zamítnuta, nebyly prokázány statisticky významné rozdíly při porovnání obou přístupů.

U subsouborů tenistů taktéž nebyla prokázána věcná významnost diferencí středních hodnot mezi výsledky celkového hodnocení oběma přístupy.



## 6 Seznam použitých zdrojů

- Belej, M., & Junger, J. (2006). Motorické testy koordinačních schopností. Prešov: Prešovská univerzita v Prešove, Fakulta športu.
- Blahuš, P. (2000). Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česká kinantropologie*, 4/2, 53-72
- Biswas, A., Lemaire, E. D., & Kofman, J. (2008). Dynamic gait stability index based on plantar pressures and fuzzy logic. *Journal of Biomechanics*, 41, 1574-1581.
- Cibulková, L. (2001). *Možnosti využití teorie fuzzy množin při hodnocení výkonnostních předpokladů v tenise*. Diplomová práce, Olomouc: Univerzita Palackého.
- Crespo, M., & Miley, D. (2003). *Tenisový trénerský manuál 2. stupně (pro vrcholové trenéry)*. (Zlesák F., Zlesák J., Dušek I., Zháněl J., Čermák J., Trans.). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Čelikovský, S. (1988). *Encyklopedie tělesné kultury*. Praha: Olympia.
- Černošek, M. (2012). *Analýza vybraných faktorů ovlivňujících sportovní výkon v tenisu*. Disertační práce. Brno: Masarykova univerzita.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2009). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dynda, V. & Medek, J. (1997). *Nástroje pro vývoj fuzzy aplikací. Rešerše pro kurs Aplikace mikropočítačových systémů*. Retrieved from the World WideWeb: [www.cs.felk.cvut.cz/~xmedekj](http://www.cs.felk.cvut.cz/~xmedekj) on the 15.3.1999
- Ferrauti, A., Maier, P., & Weber. (2014). *Handbuch für Tennistraining*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Hellebrandt, V. (2014). *Sportovní trénink*. Brno: Masarykova univerzita.
- Hendl, J. (2009). *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku* (T. Studený, Trans). Prostějov: Sport a věda.

- Holeček, P., & Talašová, J. (2010). FuzzME: A new software for multiple-criteria fuzzy evaluation. *Acta Universitatis Matthiae Belii ser. Mathematics*, 16, 35-51.
- Hubáček, O. (2010). *Možnosti využití fuzzy teorie při hodnocení výkonostních předpokladů tenistů pomocí programu Nefrit*. Diplomová práce, Olomouc: Univerzita Palackého.
- Hubáček, O., & Zháněl, J. (2013). Expertní posouzení významu somatických a motorických předpokladů v tenisu. In M. Zvonař (Ed.), *9<sup>th</sup> International Conference Sport and Quality of Life* (pp.85).
- Hubáček, O. (2016). *Využití fuzzy teorie pro hodnocení úrovně výkonostních předpokladů v tenise*. Disertační práce, Olomouc: Univerzita Palackého.
- Kolisko, P. (2014). *Teorie fuzzy modelů a jejich využití a interpretace pro rozvoj cykloturistiky Jihomoravského kraje*. Disertační práce, Brno: Masarykova univerzita.
- Korvas, P., & Bedřich, L. (2014). *Struktura sportovního výkonu: učební texty pro studenty FSpS*. Brno: Masarykova univerzita.
- Kuhn, K. (2005). *Vytrvalostní trénink*. České Budějovice: KOPP.
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Malý, T., & Dovalil, J. (2016). *Doplňkový odpor v tréninku rychlostních schopností*. Praha: Mladá fronta.
- Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti, činnosti, výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Moravec, R., Kampmiller, T., Vanderka, M., & Laczo, E. (2007). *Teória a didaktika výkonostného a vrcholového športu*. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave.
- Novák, V. (1990). *Fuzzy množiny a jejich aplikace*. Praha: SNTL.
- Panuška, P. (2014). *Rozvoj vytrvalostních schopností*. Praha: Mladá fronta.
- Perič, T. (2006). *Výběr sportovních talentů*. Praha: Grada Publishing.
- Rogujl, N., Papić, V., & Čavala, M. (2009). Evaluation Models of Some Morphological Characteristics for Talent Scouting in Sport. *Coll. Antropol.*, 33 (1), 105–110.

- Roth, K., & Willimczik, K. (1999). *Bewegungswissenschaft*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Röthig, P., Prohl, R., Carl, K., Kayser, D., Krüger, M. & Scheida, V. (Hrsg.). (2003). *Sportwissenschaftliches Lexikon* (7., völlig neu bearbeitete Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Scheid, V., & Prohl, R. (2007). *Bewegungslehre*. Wiebelsheim: Limpert Verlag.
- Schnabel, G., Harre, D., & Krug, J. (2008). *Trainingslehre und Trainingswissenschaft*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Schönborn, R. (2008). *Optimální tenisový trénink*. (T. Studený, Trans.). Olomouc: doc. RNDr. Jiří Zháněl, Dr. (Originál vydán 2006).
- Talašová, J. (2000). *NEFRIT – Multicriteria decision making based on fuzzy approach*. *CEJOR*, 8, 297-319.
- Talašová, J. (2003). *Fuzzy metody vícekriteriálního hodnocení a rozhodování*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Talašová, J., & Holeček, P. (2009). *Multiple-Criteria Fuzzy Evaluation: The FuzzME Software Package*. In J. P. Carvalho, D. Dubois, U. Kaymak, & J. M. C. Sousa (Eds.), *Proceedings of the 2009 International Fuzzy Systems Association World Congress and 2009 European Society for Fuzzy Logic and Technology Conference* (pp. 681-686).
- Vaverka, F., & Černošek, M. (2007). *Tělesné rozměry a tenis*. Olomouc, Univerzita Palackého.
- Ye, J. (2010). Multicriteria fuzzy decision-making method using entropy weights-based correlation coefficients of interval-valued intuitionistic fuzzy sets. In *Applied Mathematical Modelling*, 34 (12), 3864-3870.
- Zháněl, J., Balaš, J., Trčka, D., & Shejbal, J. (2000). Diagnostika výkonnostních předpokladů v tenise. *Tenis*, 11(3), 18-19.
- Zháněl, J. (2005). *Diagnostika výkonnostních předpokladů ve sportu a její aplikace v tenise*. Habilitační práce, Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Zháněl, J., Lehnert, M., & Černošek, M. (2006). *Možnosti uplatnění fuzzy logiky při diagnostice výkonnostních předpokladů ve sportu (na příkladu tenisu)*. In *Sport a kvalita života* (pp. 141). Brno: Masarykova univerzita.

- Zháněl Jiří, Černošek Miroslav, Agricola Adrian, Martinovský Lukáš. (2009). Několik poznámek a zamyšlení k terminologické džungli (nejen) v antropomotorice. *Acta Facultatis exercitationis corporis universitatis Presoviensis*, 3 (3), 60-65.
- Zio, E., Baraldi, P., & Popescu, C. I. (2008). A fuzzy decision tree for fault classification. *Risk Analysis*, 28(1), 49-67.
- Zvonař, M., & Duvač, I. (2011). *Antropomotorika pro magisterský program tělesná výchova a sport*. Brno: Masarykova univerzita.

## 7 Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obr. 1. Hypotetický model sportovního výkonu.....                            | 9  |
| Obr. 2. Model struktury výkonu podle Bauersfelda a Schrotera.....            | 10 |
| Obr. 3. Podel struktury výkonu Martina .....                                 | 10 |
| Obr. 4. Pokus o model zevšeobecněné struktury sportovního výkonu .....       | 11 |
| Obr. 5. Struktura sportovního výkonu (Dovalil et al., 2012) .....            | 12 |
| Obr. 6: Dělení motorických schopností (Malý & Dovalil, 2016) .....           | 16 |
| Obr. 7. Systematika kondice a koordinace.....                                | 17 |
| Obr. 8. Struktura systému vytrvalostních schopností.....                     | 19 |
| Obr. 9. Dělení pohyblivosti.....   | 21 |
| Obr. 10. Struktura koordinačních schopností.....                             | 26 |
| Obr. 11. Přehled faktorů sportovní výkonnosti v tenisu. ....                 | 28 |
| Obr. 12. Grafické znázornění významu výkonnostních předpokladů .....         | 30 |
| Obr. 13. Charakteristická funkce v klasické teorii množin.....               | 31 |
| Obr. 14. Srovnání klasické množiny a fuzzy množiny .....                     | 32 |
| Obr. 15. Grafy nejčastěji používaných funkcí příslušnosti fuzzy množin. .... | 34 |
| Obr. 16. Hlavní okno softwaru NEFRIT.....                                    | 36 |
| Obr. 17. Funkce příslušnosti pro test T1 síla herní ruky.....                | 45 |
| Obr. 18. Funkce příslušnosti pro test T2 běžecká rychlost .....              | 45 |
| Obr. 19. Funkce příslušnosti pro test T4 rychlost reakce rukou .....         | 46 |
| Obr. 20. Funkce příslušnosti pro test T5 rychlost reakce nohou.....          | 46 |
| Obr. 21. Funkce příslušnosti pro test T3 střednědobá vytrvalost.....         | 46 |
| Obr. 22. Funkce příslušnosti pro test T6 pohyblivost trupu.....              | 47 |
| Obr. 23. Hlavní okno programu FuzzMe a sestavený strom dílčích cílů.....     | 48 |
| Obr. 24. Hodnotící funkce příslušnosti pro sílu herní ruky.....              | 49 |
| Obr. 25. Hodnotící funkce příslušnosti pro rychlost reakce rukou .....       | 49 |
| Obr. 26. Hodnocení probanda 130 v programu FuzzME.....                       | 50 |
| Obr. 27. Nejlépe hodnocení probandi .....                                    | 51 |
| Obr. 28. Nejhůře hodnocení probandi.....                                     | 52 |

## 8 Seznam tabulek

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1. Testová baterie TENDIAG 1 .....   | 40 |
| Tab. 2. Základní statistické charakteristiky souboru tenistů 13-14 let.....                   | 41 |
| Tab. 3. Testové položky TENDIAG1 a normy pro věk 13-14 let (tenisti). .....                   | 42 |
| Tab. 4. Příklad bodového hodnocení jednotlivých subtestů vybraných tenistů (13-14 let). ..... | 43 |
| Tab. 5. Přehled funkcí příslušnosti pro jednotlivé testy.....                                 | 43 |
| Tab. 6. FuzzME hodnocení jednotlivých subtestů vybraných tenistů (13-14 let). 47              |    |
| Tab. 7. Srovnání bodového hodnocení a fuzzy hodnocení. ....                                   | 53 |

## 9 Přílohy

### Příloha 1

**TESTOVÁ BATERIE**  
**TENDIAG1**  
**PRO**  
PRO DIAGNOSTIKU VÝKONNOSTNÍCH PŘEDPOKLADŮ V  
TENISE

*Verze z 30. 10. 2004*

**Český tenisový svaz**



Zpracoval

Doc. RNDr. Jiří Zháněl, Dr.

Fakulta tělesné kultury UP Olomouc

Metodická komise Českého tenisového svazu

## *I. OBLAST TĚLESNÝCH PŘEDPOKLADŮ*

### 1. BMI (Body Mass Index)

Informace, zda tělesná hmotnost odpovídá tělesné výšce

### 2. IPR (Index pohyblivosti ramen)

Informace o pohyblivosti ramenního kloubu - protáčení tyče

### 3. Tělesná výška

## *II. OBLAST KONDIČNÍCH SCHOPNOSTÍ*

### 3. Síla - *síla stisku pravé a levé ruky (dynamometr)*

Test statické síly pravé a levé ruky

### 4. Rychlost (běžecká) - *rychlost běhu při změnách směru „modifikovaný vějíř“*

Test běžecké rychlosti na vzdálenost cca 55 m.

### 5. Vytrvalost (střednědobá) - *vytrvalostní běh se změnou směru (na 60 doteků tj. vzdálenost cca 486 m)*

Test specifické střednědobé vytrvalosti

## *III. OBLAST KOORDINAČNÍCH SCHOPNOSTÍ*

### 6. Rychlost reakce rukou - *reakce na vizuální podnět*

Test rychlosti reakce oko-ruka na vizuální podnět

### 7. Rychlost reakce nohou - *reakce na vizuální podnět*

Test rychlosti reakce oko-noha na vizuální podnět

### 8. Pohyblivost trupu - *otáčení a předklon*

Test koordinace a dynamické pohyblivosti trupu



## POPIS TESTŮ

### 1. BMI (Body Mass Index)

*Potřeby:* měřidlo, osobní váha, kalkulačka, protokol

*Provedení:* BMI je indikátorem, informujícím, zda tělesná hmotnost odpovídá tělesné výšce. Odvozuje se z tělesné výšky a z tělesné hmotnosti podle následujícího vzorce

$$BMI = \frac{\text{hmotnost (kg)}}{\text{tělesná výška}^2 \text{ (m)}}$$

Měření výšky u stěny ve vzpřímené poloze za pomoci měřidla s přesností na 1 cm; měření hmotnosti na osobní nášlapné váze ve sportovním oblečení (bez bundy a bez obuvi) s přesností na 1 kg.

### 2. IPR (Index pohyblivosti ramen) - protáčení tyče

Test rozsahu pohybů v ramenních kloubech.

*Potřeby:* tyč dlouhá 100 cm s centimetrovým značením, kalkulačka, protokol

*Provedení:* U testované osoby se nejprve změří a zaznamená šířka ramen (biakromiální – přímá vzdálenost mezi body akromiale). Dále hráč uchopí tyč oběma rukama v předpažení a zkusí protočit natažené paže z předpažení do zapažení. Zkusí zúžit uchopení tak dlouho, dokud může paže protočit. Hráč provádí jeden pokus na zacvičení a dva „měřené“ pokusy. Jako celkový výsledek se počítá lepší z obou pokusů. Měří se nejmenší vzdálenost mezi rukama a následně se vypočítá index pohyblivosti ramenních kloubů takto (čím nižší index, tím lepší výsledek):

$$IPR = \frac{\text{šířka uchopení (cm)}}{\text{šířka ramen (cm)}}$$

### 3. Síla - síla stisku pravé a levé ruky (dynamometr)

Test statické síly pravé a levé ruky.

*Potřeby:* ruční digitální dynamometr 2 ks, protokol, tužka

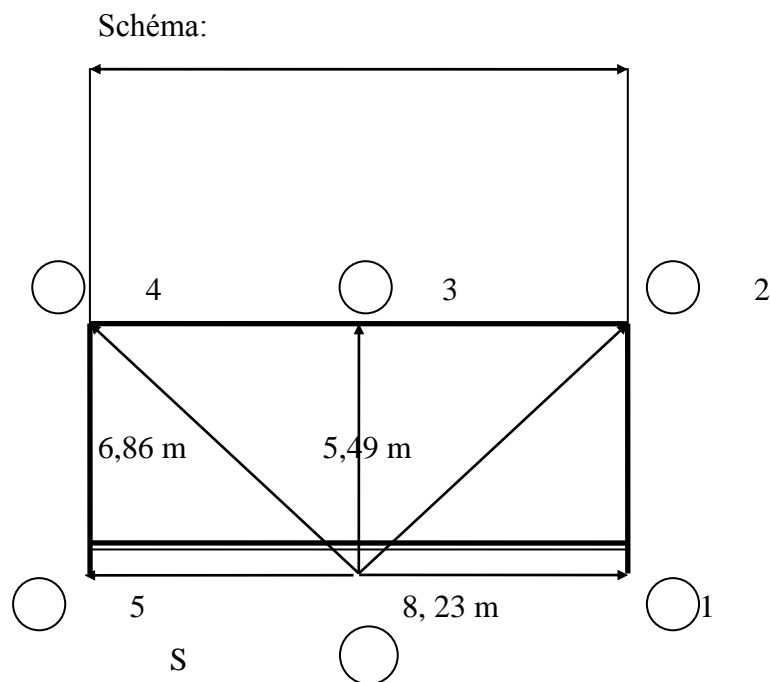
*Provedení:* Hráč provede dva pokusy každou rukou na zácvik a úpravu dynamometru. Potom provede střídavě jeden pokus pravou a jeden pokus levou rukou a ještě jeden pokus pravou a jeden pokus levou. Všechny čtyři výsledky se zapisují. Jako celkový výsledek je počítán lepší pokus každé ruky. Paže musí být při stisku nataženy podél těla, ale nesmí se opírat či dotýkat.

#### 4. Rychlost (běžecská) - rychlost běhu při změnách směru (tzv. vějíř)

Test běžecské rychlosti na vzdálenost cca 55 m se změnou směru.

*Potřeby:* tenisová raketa, páska k vyznačení čtyřúhelníku (40x40 cm), medicinbal 5 ks, stopky, protokol

*Provedení:* Hráč stojí ve čtyřúhelníku (40x40 cm) uprostřed zadní čáry tenisového hřiště pro dvouhru. Po startovním signálu běží vždy co nejrychleji k určené metě, dotkne se raketou medicinbalu na ní položeného a běží zpět do čtyřúhelníku na zadní čáru. Nejdříve běží k pravému zadnímu rohu, dále šikmo vpřed do pravého předního rohu pole pro podání, vpřed do středu pole pro podání, dále šikmo vlevo do levého předního rohu pole pro podání, nakonec do levého zadního rohu. Provádějí dva pokusy na čas. Jako celkový výsledek se počítá lepší čas z obou pokusů.



#### 5. Specifická vytrvalost - vytrvalostní běh se změnou směru (na 60 doteků)

Test specifické střednědobé vytrvalosti (cca 486 m)

*Potřeby:* tenisová raketa, medicinbal 2 ks, stopky, protokol

*Provedení:* Hráč stojí uprostřed zadní čáry tenisového hřiště pro dvouhru, po startovním signálu běží co nejrychleji k levému rohu a dotkne se raketou medicinbalu na něm položeném. Potom běží k pravému zadnímu rohu a rovněž se dotkne položeného medicinbalu raketou. Test se provádí na 60 doteků medicinbalu a jako výsledek se počítá dosažený čas. Zaznamenává se i výsledek po 30 dotecích a ohlašuje se hráči. Test se provádí pouze jednou.

#### 6. Rychlost reakce rukou - reakce na vizuální podnět

Test rychlosti reakce rukou na vizuální podnět.

*Potřeby:* monitor, počítač, program, dotykové plošiny

*Provedení:* diagnostické zařízení firmy FiTRONiC; testování pomocí programu FiTROReactionCheck. Sportovec sedí 0,5 m před monitorem a reaguje dotekem na jednu ze čtyř plošin označených grafickým symbolem shodným se symbolem objevujícím se na monitoru. Hodnotí se průměrný čas reakce deseti středních pokusů z celkových dvaceti.

#### 7. Rychlost reakce nohou - reakce na vizuální podnět

Test rychlosti reakce nohou na vizuální podnět.

*Potřeby:* monitor, počítač, program, dotykové plošiny

*Provedení:* diagnostické zařízení firmy FiTRONiC; testování pomocí programu FiTRO Agility Check. Sportovec stojí 1 m od monitoru a reaguje dotekem plošiny vlevo či vpravo na tenisový míček objevující se vlevo či vpravo. Hodnotí se průměrný čas reakce deseti středních pokusů z celkových dvaceti.

#### 8. Pohyblivost trupu - otáčení a předklon

Test dynamické pohyblivosti trupu.

*Potřeby:* kotouče k vyznačení místa dotyku, stopky, gumový kotouč, protokol

*Provedení:* Na zemi se udělá značka tak, aby se jí hráč dotkl při předklonu a nedotýkal se přitom stěny. Další značka se udělá za ním na stěně na úrovni ramen uprostřed lopatek. Hráč stojí zády ke stěně, nohy od sebe na šířku ramen, ruce

jsou spojeny. Po startovním povelu hráč provede předklon a spojenýma rukama se dotkne značky na zemi, po narovnání se otáčí vlevo, dotkne se spojenýma rukama značky na zdi, provede opět předklon s dotykem značky, narovná se a otáčí se vpravo atd. Test se provádí podobu 20 sekund, hodnotí se počet dotyků značek. Test se provádí dvakrát, jako celkový výsledek se hodnotí lepší z obou pokusů.

## **Resumé**

V práci se věnuji diagnostice výkonnostních předpokladů ve sportu. Cílem bylo porovnat celkové hodnocení tenistů pomocí pravděpodobnostního přístupu a fuzzy přístupu. Data byla získána pomocí testové baterie TENDIAG1. Vyhodnocení dat bylo provedeno pomocí softwaru FuzzME. Výsledky ukázaly, že celkové hodnocení výsledků pomocí fuzzy přístupu a pravděpodobnostního přístupu se výrazně neliší.

## **Summary**

In my thesis I am engaged in the diagnosis of performance assumptions in sport. The aim was to compare the overall rating of tennis players with probability approach and fuzzy approach. The data was obtained using the TENDIAG1 test battery. Data evaluation was performed using the FuzzME software. The results showed that the overall evaluation of the results using fuzzy approach and probability approach did not differ significantly.