

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

2010

Ondřej HUBÁČEK

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

MOŽNOSTI VYUŽITÍ FUZZY TEORIE PŘI HODNOCENÍ VÝKONNOSTNÍCH  
PŘEDPOKLADŮ V TENISE POMOCÍ PROGRAMU NEFRIT

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Ondřej Hubáček, učitelství pro střední školy

kombinace tělesná výchova – matematika

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

Olomouc 2010

**Jméno a příjmení autora:** Ondřej Hubáček

**Název diplomové práce:** Možnosti využití fuzzy teorie při hodnocení výkonnostních předpokladů v tenise pomocí programu Nefrit

**Pracoviště:** Katedra antropomotoriky a sportovního tréninku

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

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2010

**Abstrakt:** Diplomová práce řeší problematiku možnosti využití fuzzy teorie při hodnocení výkonnostních předpokladů mladých tenistů a tenistek. Zabývá se konstrukcí nových funkcí příslušnosti k některým položkám testové baterie a rovněž konstrukcí norem pro jednotlivé subtesty. Hlavním cílem předkládané práce bylo vytvoření postupu na principu fuzzy teorie umožňujícího hodnocení výzkumných dat získaných pomocí testové baterie TENDIAG1 a předložení výsledků k softwareovému zpracování.

Práci je třeba rozumět jako návrhu jedné z mnoha možností využití fuzzy teorie v diagnostice motorických předpokladů a projevů. Podobně může být fuzzy teorie aplikována do dalších odvětví sportovní diagnostiky.

**Klíčová slova:** diagnostika, fuzzy teorie, motorické schopnosti, software Nefrit, tenis, testová baterie, výkonnostní předpoklady

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Autor's first name and surname:** Ondřej Hubáček

**Title of the master thesis:** Possibilities of application of fuzzy sets in evaluation  
of physical and motor performance in tennis

**Department:** Department of Anthropomotorics and Sport Training

**Supervisor:** doc. RNDr. Jiří Zháněl, Dr.

**The year of presentation:** 2010

**Abstract:** The Master's Degree Thesis deals with fuzzy theory and its application in evaluation of performance preconditions of young tennis players. The paper discusses construction of new membership functions with regards to some items of test battery, as well as construction of norms for individual subtests. The main goal of the thesis is to create a procedure that can examine research data from the TENDIAG1 test battery using fuzzy theory and which can be further processed by software.

The thesis is to be viewed as a proposal of one of many options where fuzzy theory can be used in diagnosis of motorical preconditions and expressions. Fuzzy theory can be similarly applied to other fields of sports diagnostics.

**Key words:** diagnostics, fuzzy theory, motor ability, software Nefrit, performance preconditions, tennis, test battery

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

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 Olomouci dne 30. června 2010

.....

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. Děkuji také doc. RNDr. Janě Talašové, Csc. za ochotu a poskytnuté konzultace.

V Olomouci dne 30. června 2010

.....

## OBSAH

|         |                                                     |    |
|---------|-----------------------------------------------------|----|
| 1       | Úvod .....                                          | 8  |
| 2       | Přehled poznatků .....                              | 10 |
| 2.1     | Úvod do teorie fuzzy množin a jejích aplikací ..... | 10 |
| 2.1.1   | Matematické základy teorie fuzzy množin .....       | 11 |
| 2.1.1.1 | Některé základní vlastnosti klasických množin ..... | 12 |
| 2.1.1.2 | Základní vlastnosti fuzzy množin .....              | 13 |
| 2.1.1.3 | Aplikace fuzzy množin .....                         | 16 |
| 2.1.1.4 | Softwareový systém Nefrit-TENIS .....               | 17 |
| 2.2     | Motorické schopnosti .....                          | 18 |
| 2.2.1   | Silové schopnosti .....                             | 19 |
| 2.2.2   | Rychlostní schopnosti .....                         | 20 |
| 2.2.3   | Vytrvalostní schopnosti .....                       | 21 |
| 2.2.4   | Koordinační schopnosti .....                        | 22 |
| 2.2.5   | Pohyblivost (flexibilita) .....                     | 23 |
| 2.3     | Diagnostika výkonnostních předpokladů .....         | 24 |
| 2.3.1   | Sportovní výkon a jeho faktory .....                | 24 |
| 2.4     | Testování .....                                     | 27 |
| 3       | Výzkumný problém .....                              | 28 |
| 4       | Cíle výzkumu .....                                  | 28 |
| 5       | Metodika .....                                      | 30 |
| 6       | Výsledky a diskuze .....                            | 32 |
| 7       | Závěry .....                                        | 52 |

|    |                         |    |
|----|-------------------------|----|
| 8  | Souhrn .....            | 54 |
| 9  | Summary .....           | 55 |
| 10 | Referenční seznam ..... | 56 |
| 11 | Příloha .....           | 58 |



## 1 ÚVOD

Problematika hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů ve sportu je těsně spjata s pojmem diagnostika. Je to jedna z důležitých částí systému sportovního tréninku, bez které si lze jen těžko představit proces hledání a výběru talentů a následně i jejich hodnocení během tréninkových etap. Přirozenou snahou je hodnocení co nejvíce zpřesnit. Do začátku 90. let minulého století se využívalo výhradně výpočtového aparátu matematické statistiky, která umí efektivně a přesně pracovat s naměřenými daty. Kromě úpravy norem jednotlivých testů, ke kterým nás vede náročnost moderní výkonově orientované doby, už lepších výsledků v přesnosti nedosáhneme.

S objevem velkého potenciálu aplikace fuzzy množin do různých oblastí lidské praxe se problematika jejího využití začala objevovat také v oblasti sportovní diagnostiky. Může být fuzzy teorie, zabývající se vágními pojmy a nejistotami, prospěšná v oblastech, kde se požaduje přesnost? Odpověď na tuto otázku je pozitivní neboť v naší realitě je neurčitost vždycky obsažena.

Fuzzy logika pracuje s vágními a nepřesnými pojmy. Úplný opak toho, co je naší snahou – tedy větší přesnost. Na základě vágně charakterizované expertní znalosti jsme schopni vytvořit třeba fuzzy regulátor, který nahradí v rozhodování lidský faktor. Navíc dokáže elegantně využít prostředků přirozeného jazyka. Je třeba si uvědomit, že přirozený jazyk není jen prostředkem komunikace mezi lidmi. Hraje mimořádně důležitou roli při libovolné lidské činnosti a umožňuje nám popsat a pracovat s překvapivě konkrétními věcmi. Např. chceme-li se naučit řídit auto, potřebujeme učitele, který nás povede a vysvětluje – v přirozeném jazyce – co máme dělat („nyní zpomalte, nebrzděte tolik, mírně vlevo“, apod.). Všechny tyto příkazy jsou velmi obecné, a přesto nám stačí k tomu, abychom se řídit naučili (Novák, 2005). Instrukce typu jed'te 48,125 km/h a zatočte o 24° 51' by byly jistě nepříjemné až stresující a zřejmě neproveditelné.

Fuzzy logika, která vychází z teorie fuzzy množin, se zaměřuje na vágnost, kterou se snaží matematicky zachytit. S trochou nadsázky lze tedy říci, že pravděpodobnost nám odpovídá na otázku, zda „něco nastane“, zatímco teorie fuzzy množin nám odpovídá na otázku, „co vlastně nastalo“? Je zřejmé, že v realitě je téměř vždy přítomna

jak nejistota tak vágnost. Podotkněme ještě, že fungující teorie, která by efektivně zahrnovala obě stránky neurčitosti, dosud neexistuje (Novák, 2005).

Fuzzy logika je matematická disciplína, která si získala značnou popularitu koncem osmdesátých a na začátku devadesátých let pro fascinující aplikace uskutečněné v Japonsku a později i v dalších zemích. Zájem o fuzzy logiku samozřejmě způsobil i publikační „lavinu“, jak je možno vidět také na celosvětové síti internetu - po zadání pojmu „fuzzy“ do vyhledávače najdeme přes 17 milionů odkazů.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Úvod do teorie fuzzy množin a jejích aplikací

Podle Půlpána (1992) vznikla matematika proto, aby byla nápomocna při studiu reality. Pomocí matematiky se snažíme namodelovat, diagnostikovat či předvídat jevy z různých oblastí reality. Bohužel většinou nepracuje s prvky konkrétních množin, ale pouze s ideálními objekty. Tato abstrakce umožňuje vytvořit teorii aplikovatelnou do rozmanitých oborů.

Jednotlivé situace běžného života postihuje matematika vytvářením modelů, přičemž nejčastěji využívá relací. Na tomto základě je vystavěna např. matematická teorie grafů. Vzhledem ke složitosti a vzájemné souvislosti jevů je každý matematický model nepřesný a zdůrazňuje vždy jen určité stránky nebo vlastnosti zkoumaného jevu. Striktní popis systému vyžaduje jednoznačnou reakci člověka na dotazy, zda je něco malé, žluté, vhodné, rychlé, stálé, aj., avšak neumožňuje odpovědi jako částečně žluté, více méně vhodné, poměrně stálé atd. Z toho vyplývá, že se pojmy reálného světa nedají zjednodušit tak, aby popisovaly stále stejný jev a přitom se daly jednoznačně zařadit do klasické matematické množiny (Půlpán, 1992).

Protože jednou ze základních vlastností reálného světa je právě vágnost, neurčitost, vzniká potřeba pracovat se specifickými informacemi, které nejsou definovány striktně a přesně. Pojem vágnost vychází z latiny a znamená nestálý, kolísavý, neurčitý, pochybný (Zháněl, 2005). Matematickou teorií, která připouští možnost, že daný prvek náleží do množiny pouze částečně, je právě teorie fuzzy množin. Tato teorie umožňuje vytvořit matematický obraz skutečnosti, která je daleko bližší zkoumané části reality než modely pracující s aparátem klasické matematiky.

Matematická pravděpodobnost a statistika jako taková pracuje s přesnými čísly na základě měření, která se do určité míry přibližují realitě. Snaha popsat jevy, které se vyskytují v naší realitě, matematickými modely jsou žádoucí z hlediska předpovědi, diagnostiky a hodnocení. Jistě mnohým z nás přináší předpověď počasí určitou informaci, které přiřazujeme nemalou váhu a podle ní přizpůsobujeme například svůj víkendový program. V současné době je předpověď počasí počítána matematickým modelem. V některých oblastech lidské činnosti má počasí zásadní význam, a proto se

tito lidé snaží získat co nejpřesnější informace. Jenže někdy aktuální počasí zcela neodpovídá avizované předpovědi. Na řadu skutečností nemáme dostatečně přesné metody měření, a tak čísla či informace neodpovídají zcela skutečnosti.

Navíc narážíme na reálný rozpor, jehož řešení neexistuje. Jde o vztah mezi relevancí a přesností informace. Princip, který L. A. Zadeh nazval principem incompatibility, lze charakterizovat takto: Chceme-li popsat realitu, pak se musíme rozhodnout mezi relevancí informace, která však bude méně přesná, nebo přesností informace, která však bude méně relevantní. Při zvyšování přesnosti se dostaneme k bodu, kdy přesnost a relevance se stávají vzájemně vylučitelnými charakteristikami. Např. popsat chod podniku lze několika větami. Dozvíme se o tom, jaký je předmět jeho činnosti, jeho velikost, popř. rámcové úspěchy a problémy. Nebudeme však nic vědět o konkrétních lidech, konkrétních strojích či dokonce jejich konkrétních součástkách. Chceme-li tyto detaily poznat, musíme se o nich podrobně rozepsat, doplnit tabulky, apod. Tím však množství informací narůstá a protože je přesnější, dozvíme se více, ovšem jen o malé části podniku. Pokud bychom chtěli popsat podnik celý, byl by výsledkem objemný sborník dokumentů a pojednání, který by však těžko někdo byl schopen přečíst. A pokud ano, pak by k pochopení podstaty toho, co je v nich napsáno, potřeboval přirozený jazyk, tj. vrátil by se k nepřesné charakterizaci. V opačném případě by se v přesných detailech nutně ztratil, protože lidská psychika má jen omezené možnosti (Novák, 2002; Novák, 2005).

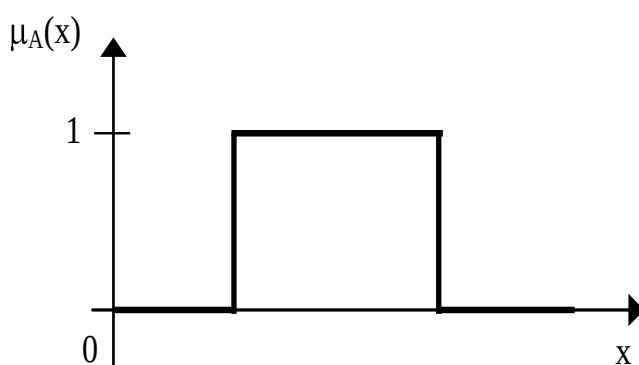
### **2.1.1 Matematické základy teorie fuzzy množin**

V této části si připomeneme základní poznatky z klasické teorie množin, která se opírá o dvouhodnotovou logiku. Důležitým pojmem je především relace náležení prvku k množině. Následně porovnáme tyto poznatky s ekvivalentními pojmy ve fuzzy teorii, přičemž by měly na povrch vyplynout výhody, které přímo vyplývají z vlastností fuzzy množin. Důležitým odstavcem však budou aplikace této teorie do širokého spektra odvětví, neboť až teprve praktická využitelnost dodá libovolné teorii tíženou vážnost.

### 2.1.1.1 Některé základní vlastnosti klasických množin

Každý se do jisté míry s klasickými množinami setkal již na základní škole, tudíž má o tomto pojmu určitou představu a intuitivně je schopný popsat i některé základní vlastnosti. Klasická binární logika, za jejíhož zakladatele je považován Aristoteles (384 - 322 př. n. l.), je budována pomocí axiomů a pracuje s ostrými hranicemi mezi množinami. Jednou ze základních vlastností, a pro nás podstatnou pro další výklad, je náležení prvku do množiny. V teorii klasických množin máme v zásadě dvě intuitivní možnosti – prvek do dané množiny náleží nebo nenáleží.

Charakteristická funkce množiny  $A$   $\mu_A$  je tedy ostře ohraničena krajními hodnotami a nabývá hodnoty 1 pro všechna  $x$ , která do množiny patří, a hodnoty 0 pro ta  $x$ , která do množiny  $A$  nepatří (Obrázek 1). Z grafu je rovněž zřejmé jiné pojmenování klasických množin, a to jako ostré (crisp) množiny (Dynda & Medek, 1997).



Obrázek 1. Grafické znázornění charakteristické funkce klasických množin (Dynda & Medek, 1997, 2)

Na základě nějakých kritérií pro dané množiny můžeme velmi jednoduše rozhodnout o tom, zda prvek do množiny patří či nikoliv. Potíže mohou nastat při jemnějším třídění nebo ne zcela přesném kritériu náležení do množiny, neboli použijeme-li jako kritérium vágní pojem. Nejznámější východisko představuje teorie

pravděpodobnosti, přičemž vybudování jejího aparátu je velmi složité a vyžaduje splnění řady předpokladů, buďto nejsou v praxi vůbec splněny, nebo je lze jen těžko ověřit (náhodnost výběru, normální rozložení četností atd.). Celou problematiku demonstrujeme na jednoduchém příkladě:

Mějme množinu jablek. Jsme jistě schopni tuto množinu přesně definovat a rozhodnout o libovolném prvku, zda do této množiny patří či nikoliv. Situace je jasná. Naproti tomu mějme množinu červených jablek. Viděli jste již někdy zcela červené jablko? A kam bude patřit jablko, které je skoro celé červené nebo jen z části? Budeme se složitě rozhodovat, které jablko už červené je a které ještě není. Už poměrně jednoduchým a přirozeným kritériem vzniká problém při rozhodování, přičemž dosáhneme ve výsledku nepřesnosti, která bude subjektivně veliká. Navíc použitím dalších základních operací na množinách, jako jsou sjednocení a průnik, se chyby sčítají.

Klasická teorie množin nám tedy poskytuje relativně jednoduchý postup třídění se širokým matematickým aparátem, který je dlouho známý a používaný, avšak je vzhledem k realitě poměrně nepřesný.

#### 2.1.1.2 Základní vlastnosti fuzzy množin

Teorie fuzzy množin rozšiřuje klasickou teorii množin dle Cantora. Lze podle ní úspěšně popisovat jevy a procesy, které nemají jasné hranice, nebo ji můžeme užít při vymezování vágních pojmů. Problémy vznikající při snaze o přesné vymezení pojmů dokumentujme na dvou příkladech. Tyto paradoxy se právě pokouší zohlednit teorie fuzzy množin.

1. Novák (1990, 29) uvádí příklad antického paradoxu hromady: „Mějme malou hromadu kamení. Přidáme-li jeden kámen, dostaneme opět malou hromadu. Tedy, každá hromada (kamení) je malá“.
2. Drösser (1994) uvádí následující příklad: chceme-li definovat pojem „velký muž“, musíme stanovit hranici např. *velký je muž větší než 1,80m*. Podle této definice je muž A vysoký 181 cm označen jako **velký**, zatímco muž B vysoký 179 cm **není**

**velký** - přestože mají oba téměř stejnou tělesnou výšku. A navíc: protože se tělesná výška v průběhu dne zmenšuje, může být muž A označen dopoledne jako **velký** a odpoledne již ne!

Fuzzy množina je zobecněním klasické množiny, která připouští mimo úplnou nebo žádnou příslušnost prvku k množině také příslušnost částečnou. Jak uvádí Novák (1990, 29) „Idea je velmi jednoduchá a poměrně přirozená: nejsme-li schopni stanovit přesné hranice třídy určené vágním pojmem, nahradíme rozhodnutí o náležení či nenáležení daného prvku do ní mírou vybranou z nějaké škály. Každý prvek bude mít přiřazenu míru vyjadřující jeho místo a roli v této třídě....Tuto míru nazveme *stupněm příslušnosti* prvku do dané třídy a třídu, v níž každý prvek je charakterizován stupněm příslušnosti do ní, nazveme *fuzzy množinou*. Lze také říci, že stupeň příslušnosti vyjadřuje stupeň našeho přesvědčení, že daný prvek patří do dané fuzzy množiny“. To znamená, že prvek může do množiny patřit s určitou mírou, kterou nazýváme *stupeň příslušnosti*. Čím vyšší je stupeň příslušnosti, tím je zastoupení prvku vyšší. Funkci, která každému prvku univerza přiřadí stupeň příslušnosti, nazýváme *funkce příslušnosti*. Stupeň příslušnosti můžeme chápat také tak, že vyjadřuje míru pravdivosti tvrzení, že daný prvek patří do množiny. Převážně se za stupeň příslušnosti uvažuje reálné číslo z jednotkového intervalu  $<0; 1>$ . Prakticky to znamená, že namísto dvou hodnot (0 a 1) máme na vyjádření příslušnosti prvku k množině nekonečně mnoho hodnot z intervalu  $<0; 1>$ . Na základě této jednoduché a přirozené myšlenky existuje dnes rozsáhlá a perspektivní matematická teorie, která umožňuje postihnout realitu v její nepřesnosti a neurčitosti tzv. *fuzzy teorie* (Zháněl, 2005).

Stupeň příslušnosti prvku  $x$  lze interpretovat jako míru možnosti nebo míru přesvědčení experta, jak moc prvek  $x$  náleží nebo nenáleží do množiny  $A$ . Vyjadřuje se číslem, a to z uzavřeného intervalu  $<0; 1>$ . Stupeň náležitosti 0 prvku  $x$  k množině  $A$  znamená, že prvek  $x$  do množiny  $A$  nepatří vůbec. Stupeň náležitosti 1 prvku  $x$  k množině  $A$  znamená, že prvek  $x$  do množiny  $A$  patří úplně. Pokud stupeň náležitosti prvku  $x$  náleží otevřenému intervalu  $(0; 1)$  znamená to, že prvek  $x$  patří do množiny  $A$  jen částečně (Cibulková, 2001).

Obrázek 2. Grafy nejčastěji používaných funkcí příslušnosti fuzzy množin (Dynda & Medek, 1997, 5-6)



### 2.1.1.3 Aplikace fuzzy teorie

Fuzzy teorie nabízí široké uplatnění v různých oborech lidské činnosti. Zejména její výhodná implementace v oblasti regulace procesů našla své pevné místo v praxi. Fuzzy regulátory jsou úspěšně používány např. ve strojírenství, dopravě či bankovníctví nebo energetice (Zio, Baraldi, & Popescu, 2008). Příkladem jsou regulátory rychlosti v metru, ve výtazích i automobilech či uplatnění fuzzy regulátorů v domácích spotřebičích jako jsou ledničky nebo mikrovlnné trouby. První vlna aplikací fuzzy teorie se týkala především kvantitativního hodnocení a následného rozhodování. Dnes už však máme k dispozici modely, které se projevují množstvím a různorodostí použitých prostředků teorie fuzzy množin, včetně nástrojů tzv. jazykově orientovaného fuzzy modelování (Nováková, 2001; Talašová, 2003). To nám umožňuje pracovat i v rovině kvalitativního výzkumu.

Nejúspěšnější aplikace jsou v řízení a regulaci, existují však aplikace v rozpoznávání obrazů, vícekritériálního rozhodování a dalších oblastech. Hlavním zdrojem je to, že fuzzy logika umožňuje zahrnout nepřesnost a poměrně jednoduchým způsobem pracovat s významy slov přirozeného jazyka, který patří mezi nejdůležitější součásti lidského života a který nás, mimo jiné, odlišuje od zvířat. Proto fuzzy logika zasahuje do mnoha oblastí lidské činnosti a stále se nacházejí další možnosti jejího využití (Ye, 2010).

Fuzzy logika nabídla překvapivě jednoduchá řešení, která opravdu fungují. Častá námitka, že to, co je řešeno pomocí fuzzy logiky, lze řešit i bez ní, neobstojí. Např. automatické rameno, které bylo použito při opravě Hubbleova teleskopu, bylo řízeno fuzzy regulátorem. Jeho vývoj, který vedl k plně uspokojivému chování, trval cca 14 dní. Za stejnou dobu byl klasický PID regulátor, navrhovaný paralelně ke stejnému účelu, nepoužitelný. Samozřejmě, že by pomocí PID regulátoru nakonec byl problém vyřešen, ale rozdíl je v čase a s tím souvisejících nákladech. Navíc u fuzzy regulátoru máme jistotu, že bude robustnější vzhledem k náhodným poruchám a nepředvídaným situacím, které pochopitelně lze ve vesmíru očekávat. Podobných příkladů můžeme uvést více. Kromě toho existují úlohy, které lze v současné době uspokojivě řešit pouze pomocí fuzzy regulátoru. Příkladem může být řízení čističky odpadních vod, jejíž dílčí

části lze sice řídit klasicky, avšak nad celkem musí dohlížet člověk řídící se zkušeností vyjádřitelnou pravidly typu „je-li situace daná takto, pak udělej následující“. Taková pravidla se dají pomocí fuzzy logiky implementovat a celý proces tak automatizovat (Novák, 2005).

#### 2.1.1.4 Softwareový systém Nefrit-TENIS

Uplatnění teorie fuzzy logiky při hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenise je matematické poměrně náročné a vyžaduje řadu početních operací; softwarový systém NEFRIT (Nefrit-TENIS, 2000) vytvořený na principech teorie fuzzy množin firmy TESCO SW a. s. nabízí efektivní možnost analýzy, zpracování a vyhodnocení dat.



Obrázek 3. Základní okno aplikace TENIS (Talašová, 2003)

Aplikace NEFRIT-TENIS umožňuje snadné a rychlé vyhodnocení úrovně různých výkonnostních předpokladů tenistů, lze ji využít pro úlohy vícekritériálního hodnocení somatických, motorických, psychických a zdravotních předpokladů - tzn. provést vícekritériální hodnocení tenisty. Hodnocení může být prováděno i podle takových kritérií, jejichž hodnoty nelze zcela přesně vyjádřit číselně, a to jak z důvodů

obtížné měřitelnosti (v tenise např. kvality úderů či taktiky hry), tak i z důvodů plynoucích přímo z vágního charakteru dané veličiny, např. u kritérií psychologických či zdravotních (Talašová, 2003).

Aplikace NEFRIT – TENIS umožňuje stanovit váhu vyjadřující významnost jednotlivých testových položek. Vyšší váha kritéria více ovlivňuje celkový výsledek hodnocení. Podobně jako při vyhodnocování testové baterie TENDIAG1 je výstupem software NEFRIT - TENIS individuální testový profil – tentokrát však založený na principu vícekritériálního (fuzzy) hodnocení. Databáze, umožňující vyhodnocení somatických a motorických výkonnostních předpokladů pomocí software NEFRIT - TENIS, byla „naplněna“ výsledky testování mladých tenistů a tenistek – členů Tréninkových středisek mládeže Českého tenisového svazu (Zháněl, Lehnert, & Černošek, 2006).

## **2.2 MOTORICKÉ SCHOPNOSTI**

Nadřazeným pojmem k pohybovým schopnostem je pohybová činnost, jakožto souhrn pohybových odpovědí na podněty z vnějšího a vnitřního prostředí jedince. Pod pojmem pohybová schopnost rozumíme dynamický komplex vybraných vlastností organismu člověka, integrovaných podle třídy pohybového úkolu a zajišťujících jeho plnění (Čelíkovský, 1990; Měkota, Kovář, & Štěpnička, 1988; Měkota & Novosad, 2005).

Za syntézu názorů zahraničních autorů považujeme encyklopedickou formulaci Carla: „Motorické (pohybové) schopnosti jsou komplexní individuální předpoklady pohybového výkonu člověka, které jsou primárně determinovány fyziologickými a neurofyziologickými systémy a znaky tělesné stavby“ (in Zháněl, 2005, 17). Většina autorů se shoduje na členění pohybových schopností na kondiční a koordinační, přičemž kondiční schopnosti jsou determinovány převážně energetickými procesy a koordinační schopnosti jsou determinovány zejména procesy řízení a regulace pohybu (Zháněl, 2005). Nezanedbatelný je také vliv genetických predispozicí.

Předpokládáme, že v jistém ohledu motorické schopnosti limitují výkonové možnosti jedince a ve svém komplexu představují určitý „strop“, který překročit nelze.

Velké meziosobnostní rozdíly ve výsledcích pohybové činnosti se alespoň z části vysvětlují rozdílnou úrovní a konfigurací schopností – předpokladů, jež příčinně determinují dovedné motorické činnosti. Schopnosti také limitují pohybovou kompetenci svého nositele ( Měkota & Novosad, 2005).

Mezi pohybové schopnosti řadíme sílu, rychlost, vytrvalost, koordinaci a flexibilitu.

### 2.2.1 Silové schopnosti

Silová schopnost se považuje za základní a rozhodující schopnost jedince, bez které se nemohou ostatní schopnosti při motorické činnosti vůbec projevit. V antropomotorice je tato schopnost vymezena jako schopnost překonávat vnější odpor nebo síly podle zadaného pohybového úkolu (Čelikovský, Blahuš, Chytráčková & Měkota, 1990).

Měkota a Novosad (2002, 113) definují sílu jako schopnost překonávat odpor vnějšího prostředí pomocí svalového úsilí.

Pro vymezení silových schopností je podle Dovalila (2009) nezbytné odlišit pojem síla jako základní pojem mechaniky – fyzikální veličina – a pojem síla jako pohybová schopnost překonat, udržet nebo brzdít určitý odpor, i když souvislost nepochybně existuje. Přes nespornou bohatost poznatků neexistuje zcela shoda v pojetí, ani výkladu (i tréninku) silových schopností. Vyplývá to z faktu, že ve sportu je třeba kromě klasických představ o síle jako mohutnosti svalového stahu brát v úvahu často také rychlost svalového stahu při působení na odpor a také trvání pohybu či počet opakování v čase. Podle toho se rozlišuje několik silových schopností:

- **síla absolutní** (maximální), jako schopnost spojená s největším možným odporem, může být realizována při svalové činnosti dynamické nebo statické,
- **síla rychlá a výbušná** (explozivní), jako schopnost spojená s překonáváním nemaximálního odporu vysokou až maximální rychlostí, může být realizována při dynamické svalové činnosti,

- **síla vytrvalostní**, jako schopnost překonávat nemaximální odpor opakováním pohybu v daných podmínkách nebo dlouhodobě odpor udržovat, může být realizována při dynamické nebo statické svalové činnosti.

### 2.2.2 Rychlostní schopnosti

Rychlostní schopnosti, někdy nesprávně označované jako rychlost, jsou další ze skupiny tzv. základních pohybových schopností člověka. Ve většině případů na ně usuzujeme na základě doby trvání motorické činnosti, tedy času, a z toho vychází i jejich definice. Rychlostní schopností rozumíme schopnost provést motorickou činnost nebo realizovat pohybový úkol v co nejkratším časovém úseku. Přitom se předpokládá, že činnost je spíše jen krátkodobého charakteru (max. 15 s), není příliš složitá a koordinačně náročná a nevyžaduje překonávání většího odporu (Čelíkovský, Blahuš, Chytráčková & Měkota, 1990).

Dovalil, vzhledem k nedostatečnému vysvětlení rychlostních schopností, je zařazuje do hybridní skupiny. Rychlostní schopnosti kladou zvýšené nároky na koordinaci antagonistických svalových skupin. Dále se vztahují k množství makroergních svalových substrátů (ATP,CP) a aktivitě enzymů neoxydativní resyntézy. Morfologicky vyšší pohybovou rychlost podmiňuje vyšší podíl rychlých svalových vláken. Významně přispívá také psychická koncentrace a motivace.

Dosavadní zkušenosti i výsledky řady studií naznačují, že pro praktické potřeby je užitečné uplatňovat strukturální přístup, tj. přijmout koncepci jednotlivých rychlostních schopností a jako relativně nezávislé rozlišovat:

- **reakční rychlost**, spojenou se zahájením pohybu,
- **acyklickou rychlost**, tj. co nejvyšší rychlost jednotlivých pohybů
- **cyklickou rychlost**, danou vysokou frekvencí opakujících se stejných pohybů,
- **rychlost komplexní**, danou kombinací cyklických i acyklických pohybů včetně reakce; nejčastěji se vyskytuje jako rychlost lokomoce, přemísťování v prostoru.

Relativní nezávislost znamená, že jedinec s vysokou úrovní jedné rychlostní schopnosti nemusí mít automaticky vysokou úroveň rychlostních schopností ostatních (Dovalil, Choutka, Svoboda, Hošek, Perič, Potměšil, Vránová, & Bunc, 2009).

### 2.2.3 Vytrvalostní schopnosti

Vytrvalostní schopnosti patří k základním pohybovým schopnostem, které se výrazně podílejí na úrovni základní nebo speciální motorické výkonnosti a stavu tělesné připravenosti. Jejich vnější projev je charakteristický tím, že s narůstající dobou trvání zatížení ubývá podíl spolupůsobení ostatních pohybových schopností na pohybovém úkolu, takže u dlouhodobých zatížení posuzujeme relativně „čistý“ projev některé vytrvalostní schopnosti. Obecně se pod pojmy vytrvalost, vytrvalostní schopnost rozumí způsobnost organismu provádět dlouhodobě pohybovou nebo jinou, např. intelektuální činnost (Čelikovský, Blahuš, Chytráčková & Měkota, 1990).

Nejčastěji uváděnými znaky, které definují vytrvalost, je dlouhodobé provádění pohybové činnosti a charakteristika vytrvalosti jako schopnosti překonávat únavu (Měkota & Novosad, 2002).

Komplex předpokladů provádět činnost požadovanou intenzitou co nejdéle nebo co nejvyšší intenzitou ve stanoveném čase, tj. v podstatě odolávat únavě, se označuje pojmem vytrvalost. Ve vytrvalostních schopnostech má rozhodující význam energetické zabezpečení odpovídající pohybové činnosti. Koncept vytrvalostních schopností ve sportu se proto zakládá na hlubší znalosti anaerobních a aerobních procesů (Dovalil et al., 2009).

- **Dlouhodobá vytrvalost** je schopnost vykonávat pohybovou činnost odpovídající intenzity déle než 10 minut. Dominantním způsobem energetického krytí je přitom aerobní úhrada energie. Hlavní příčinou únavy je vyčerpání zdrojů energie.
- **Střednědobá vytrvalost** je schopnost vykonávat pohybovou činnost intenzitou odpovídající nejvyšší možné spotřebě kyslíku, tj. po dobu asi 8 – 10 minut. Limitující je přitom doba využití individuálně nejvyšších aerobních možností, průběžně je projev tohoto typu zajišťován i aktivací LA systému. Energetickým zdrojem je glykogen, jeho vyčerpání je v tomto případě hlavní příčinou únavy.

- **Krátkodobá vytrvalost** je schopnost vykonávat činnost co možná nejvyšší intenzitou po dobu 2 – 3 minut. Dominantním energetickým systémem je anaerobní glykolýza. Za hlavní příčinu únavy se v tomto případě považuje rychlá kumulace kyseliny mléčné.
- **Rychlostní vytrvalost** znamená schopnost vykonávat pohybovou činnost absolutně nejvyšší intenzitou co možná nejdéle, do 20 – 30 sekund. Převažujícím zdrojem energie je kreatinfosfát štěpený bez využití kyslíku. Kromě energetických limitů omezuje dobu činnosti nervová únava.

Vytrvalostní schopnosti se úzce vážou i na techniku. Dokonalejší provedení pohybu se projeví ve spotřebě energie (Dovalil et al., 2009).

## 2.2.4 Koordinační schopnosti

Kromě kondičních schopností se na výkonu podílejí i schopnosti vázané na řízení a regulaci pohybu. V řadě sportů se objevují nároky na dokonalé sladění složitějších pohybů, na rytmus, rovnováhu, na odhad vzdálenosti, orientaci v prostoru, pružné změny a přizpůsobení se, na přesnost provedení atd. V těchto případech hraje energetický základ pohybové činnosti druhotnou roli, primární je funkce centrálního nervového systému a nižších řídicích center.

Koordinační schopnosti představují třídu motorických schopností, které jsou podmíněny především procesy řízení a regulace pohybové činnosti. Představují upevněné a generalizované kvality průběhu těchto procesů. Jsou výkonovými předpoklady pro činnost charakterizované vysokými nároky na koordinaci (Zimmermann, Schnabel & Blume, 2002).

Všeobecná taxonomie koordinačních schopností neexistuje. V souvislosti s tím, lze při jistém zjednodušení najít shodu v nazírání na následující základní koordinační schopnosti:

- **diferenciační schopnost**
- **orientační schopnost**
- **schopnost rovnováhy**

- **schopnost reakce (rychlost, ale i vhodnost a správnost)**
- **schopnost rytmu**
- **schopnost spojovací (spojování pohybů a jejich částí)**
- **schopnost přizpůsobovací**

Kromě uvedených a spíše obecnějších koordinačních schopností mají zvláště u sportovců vyšší výkonnosti význam další specifické koordinační schopnosti. Jsou vázané bezprostředně na požadavky daných výkonů (Dovalil et al., 2009).

### **2.2.5 Pohyblivost (flexibilita)**

Úroveň pohyblivosti jako schopnosti člověka vykonávat pohyby v kloubech ve velkém rozsahu má ve sportu přímý i nepřímý význam. Přímě se uplatňuje ve specifických požadavcích jednotlivých odvětví, v řadě z nich patří k limitujícím faktorům výkonu ( v gymnastice, skocích do vody, v plavání aj.). Nepřímě se uplatňuje při hodnocení ostatních pohybových schopností; ve vztahu k dovednostem se projevuje v ekonomii pohybu. Snížená pohyblivost, nejčastěji z důvodu tuhosti nebo zkrácení svalů, zvyšuje riziko zranění či bolesti.

Významnou roli má pružnost tkání, tuhé a neelastické svaly brání pohybu v kloubech. Tuhost svalu je dána především jejich elasticitou. Pohyblivost dále určuje reflexní aktivita svalů příslušného kloubu, která se významně uplatňuje při realizaci pohybu a udržování poloh. Jako útvary cití zprostředkovávají svalová vřeténka a šlachová tělíska informace o napětí a délce svalu pro míchu a CNS. Některé z reflexů (napídací reflex, ochranný útlum, útlum antagonistů a svalový tonus) mají vztah ke kloubnímu rozsahu: omezují a zastavují pohyb. Nepříznivě působí únava (Dovalil et al., 2009).

Kondiční připravenost je pro tenis velmi důležitá, protože čím má hráč lepší kondici, tím vyšší je jeho výkonnost. Je třeba připomenout, že pouhé hraní tenisových utkání nedostane hráče do vrcholné formy. Z tohoto důvodu má program rozvoje kondice, sestavený podle specifických nároků tenisu, nezastupitelnou úlohu. Je základní součástí přípravy u všech pokročilých tenisových hráčů a může být rozhodujícím faktorem vedoucím k vítězství či naopak k porážce (Crespo & Miley, 2001).



## 2.3 DIAGNOSTIKA VÝKONNOSTNÍCH PŘEDPOKLADŮ

Sportovní výkon je podle Dovalila (2009) jedním ze základních pojmů sportovního tréninku. Hlubší poznání obsahu sportovních výkonů, resp. specifikace požadavků kladených na sportovce patří ke stěžejním cestám hledání, jak zvyšovat výkonnost. Se znalostí charakteristik a hierarchického uspořádání požadavků lze efektivně volit cvičení a metody tréninku. Nezanedbatelný význam má diagnostika i při výběru talentů.

### 2.3.1 Sportovní výkon a jeho faktory

Sportovní výkon je výrazem zpředmětněných schopností sportovce, rozvíjených cílevědomým dlouhodobým tréninkem. Je cílem tréninkového procesu, ale současně i procesem rozvoje sportovce. Proto je chápán současně jako průběh i výsledek tréninku ve sportovní činnosti. Dá se říci, že pohybový (sportovní) výkon je mírou realizace určitého pohybového zadání (Měkota & Cuberek, 2007). Sportovní výkon je výsledným projevem výkonnostního rozvoje sportovce. Jinak řečeno, sportovní výkon charakterizujeme jako projev specializovaných schopností jedince v činnosti, zaměřené na řešení pohybového úkolu, který je vymezen pravidly daného sportovního odvětví nebo disciplíny (Dovalil & Choutka, 1991).

Současná teorie využívá pro potřeby účinného tréninku systémový přístup. Ten umožňuje interpretovat sportovní výkon jako vymezený systém prvků (faktorů), který má určitou strukturu, tj. zákonité uspořádání a propojení sítí vzájemných vztahů. V kontextu struktury sportovního výkonu tyto faktory chápeme jako relativně samostatné součásti sportovních výkonů, vycházející ze somatických, kondičních, technických, taktických a psychických základů výkonu. Jejich společným znakem je to, že jsou trénovatelné. V množině proměnných, které výkon ovlivňují a vytvářejí, lze tedy rozlišit:

- **faktory somatické**, tj. výška a hmotnost těla, délkové rozměry a poměry, složení těla a tělesný typ.
- **faktory kondiční**, tj. soubor pohybových schopností (kondiční, koordinační)

- **faktory techniky**, kde technikou se rozumí účelný způsob řešení pohybového úkolu, který je v souladu s možnostmi jedince
- **faktory taktiky**, kde taktikou se chápe způsob řešení širších a dílčích úkolů, realizovaných v souladu s pravidly daného sportu
- **faktory psychické**, zahrnující kognitivní, emoční a motivační procesy uplatňované v řízení a regulaci jednání a vycházející z osobnosti sportovce.

Uvedený model je jistou zobecňující abstrakcí, jež má napomoci vytvoření představy o struktuře sportovních výkonů. Sportovní výkon a jeho změny je nezbytné chápat jako výsledek mnohaletého působení nejrůznějších vlivů (dědičnosti, prostředí, tréninku, materiálních podmínek, aj.). Výsledkem je určitá skladba vlastností, schopností, vědomostí, dovedností, atd., která sportovci umožní podat konkrétní sportovní výkon. Ukazuje se, že čím vyšší má být sportovní výkonnost (dispozice opakovatě podávat výkon), tím větší důležitost má optimální skladba faktorů podmiňujících tuto výkonnost. Jistá možnost kompenzace existuje, s rostoucí výkonností se však snižuje (Dovalil et al., 2009).

V tenise lze tyto faktory v souladu s koncepcí tenisově-specifických předpokladů rozdělit na faktory *limitující* výkon, resp. *ovlivňující* výkon (Deutscher Tennis Bund, 1996). Faktory *limitující* jsou považovány za velmi důležité a málo kompenzovatelné; je-li jejich úroveň nízká, vzniká tím pro tenistu těžko překonatelná výkonnostní bariéra. Oproti tomu jsou faktory *ovlivňující* výkon sice důležité, ale jsou do jisté míry kompenzovatelné jinými přednostmi. Na základě analýzy významu jednotlivých faktorů jsou za faktory limitující sportovní výkon v tenise považovány některé koordinační schopnosti (rychlost reakce, rovnováha) a kondiční schopnosti (akční rychlost, výbušná síla), zatímco faktory tělesné (např. tělesná výška a váha) jsou stejně jako některé kondiční faktory (vytrvalost či maximální síla) považovány za faktory ovlivňující výkon (Zháněl, 2005; Filipčič & Filipčič, 2005).

Zatímco v obecné struktuře sportovního výkonu existuje relativní shoda názorů a prezentované modely se poměrně málo liší, strukturování podstatných faktorů sportovního výkonu v tenise a zejména míra jejich podílu na úspěšnosti hráčů a hráček,

je dlouhodobě řešeným problémem - ke sjednocení názorů však nedošlo. Je to způsobeno zejména tím, že tenisovou hru významně ovlivňuje takové množství různých faktorů, jako v málokterém jiném sportu. Tenisová hra na vrcholové úrovni je optimální kombinací mnoha tenis limitujících a ovlivňujících faktorů. Mezi faktory sportovního výkonu v tenise – zejména na vrcholové úrovni – je velký význam přikládán psychice, úderové technice a taktice. Jedním z významných faktorů je bezpochyby faktor kondiční připravenosti – za nejvýznamnější motorické schopnosti v tenise jsou považovány rychlostní schopnost, rychlostně-silová schopnost, aerobní vytrvalost a koordinační schopnost pod časovým tlakem. V kontextu vývoje světového tenisu, směřujícího stále více k razantnějšímu, silovějšímu, rychlejšímu a celkově kondičně náročnějšímu tenisu, nabývá na významu zejména nutnost systematického, pravidelného a dlouhodobého sledování úrovně výkonnostních předpokladů (Zháněl, 2005).

Na základě expertního posouzení jsou za důležité a málo kompenzovatelné faktory považovány zejména koordinační schopnosti, tenisové dovednosti, specifické kondiční schopnosti a faktory psychické. Za kompenzovatelné jsou pak považovány faktory všeobecného charakteru – ať už psychické (úroveň IQ v tenise zřejmě nehraje významnou roli), kondiční (charakter tenisové hry nevyžaduje špičkovou úroveň obecné vytrvalosti či maximální síly) či somatické (analýza tělesných rozměrů předních světových hráčů ukazuje, že vyšší a robustnější postava je výhodou, ale na předních místech světových žebříčků se objevují i hráči a hráčky menší a subtilnější postavy. Možnost kompenzace jednotlivých faktorů je ovšem omezená, je navíc výrazně podmíněna věkem, pohlavím, herním povrchem, herní úrovní, stylem soupeře aj. V žádném případě nelze tedy chápat herní výkon v tenise jako pouhý součet vlivů jednotlivých faktorů, jedná se o komplexní a nestabilní působení mnoha proměnných - myšlenku obecně platného modelu významu jednotlivých faktorů sportovního výkonu musíme proto zamítnout (Zháněl, 2005).

Charakteristika tenisové hry a posouzení významu somatických charakteristik a motorických výkonnostních předpokladů ukázaly, že

- **somatické charakteristiky** lze považovat za důležité, výkon ovlivňující, avšak ne limitující výkonnostní předpoklady. Jejich sledování je důležité zejména u mladých tenistů, neboť z nich můžeme vyvozovat závěry o přiměřenosti ontogenetického vývoje,

- **motorické výkonnostní předpoklady** lze – vzhledem k jejich členitosti – řadit jak mezi faktory výkon limitující, tak ovlivňující. Za velmi důležité pro tenis jsou považovány především obě základní složky rychlosti (akční i reakční), ze silových schopností pak zejména výbušná síla a v podstatě všechny složky schopnosti koordinační.

## 2.4. Testování

Při diagnostikování základní motorické výkonnosti se nejčastěji využívají terénní testy, označované též jako kondiční testy, či testy zdatnosti (fitness-tests). Většinou mají podobu heterogenních sestav, testových baterií či testových profilů. Obvykle zahrnují 4-10 položek (jednotlivých subtestů) doplněných o základní somatometrii, indikátor složení těla (kožní řasy či index BMI) a v poslední době i o dotazník pohybové aktivity.

Pro vyhodnocení individuálního testového výsledku je nezbytná určitá opora pro srovnávání; může mít podobu normy nebo kritéria (standardu, limitu). Podle typu této opory se rozlišují dvě skupiny testů: NR-testy (norm-referenced) a CR-testy (criterion-referenced). U NR-testů se testový výsledek porovnává se statisticky odvozenou normou, obvykle vyjádřenou tabulkami nebo grafy. To umožňuje převést naměřená hrubá skóre na percentily nebo na některý typ skóre a určit tak pozici probanda mezi vrstevníky (Měkota & Cuberek, 2007).

### 3 VÝZKUMNÝ PROBLÉM

Na základě předchozí syntézy poznatků a s ohledem na dosavadní výzkumy z oblasti diagnostiky somatických a motorických předpokladů v tenise můžeme přistoupit k formulaci výzkumného záměru a cílů výzkumu. Jejich formulace vychází z předpokladu, že somatické a motorické faktory sportovního výkonu mají významný podíl na výkonnosti v tenise a jejich úroveň lze hodnotit buďto obvyklým přístupem na základě teorie pravděpodobnosti, nebo pomocí matematického aparátu, který je vybudován na principech teorie fuzzy množin.

**Výzkumná otázka:** Jak je možno využít teorie fuzzy množin k hodnocení úrovně somatických měření a motorických testů zařazených do testové baterie TENDIAG1?

### 4 CÍLE VÝZKUMU

Cílem teoretické části diplomové práce bylo podat ucelený přehled poznatků týkajících se základů teorie fuzzy množin a jejich aplikací v oblasti diagnostiky výkonnostních předpokladů v tenise.

Hlavním cílem předkládané práce je vytvoření postupu na principu fuzzy teorie umožňujícího hodnocení výzkumných dat získaných pomocí testové baterie TENDIAG1.

V práci částečně využíváme postupů použitých v diplomové práci Cibulkové (2001), která vypracovala principů tvorby fuzzy funkcí a konstrukce norem pro věkové kategorie mladých tenistů – členů TSM pro testovou baterii TENDIAG2. Tato testová baterie je ovšem obsahově částečně odlišná, pro některé nové testy je proto třeba fuzzy funkce a normy nově vytvořit a pro testy původní normy inovovat, neboť v roce 2000 se

jednalo o 102 probandů (54 chlapců a 48 děvčat), zatímco do jara roku 2010 se jedná o 1168 probandů (647 chlapců a 521 děvčat).

Dílčí cíle:

1. Sestavení fuzzy funkcí pro nové (odlišné) položky testové baterie TENDIAG1.
2. Konstrukce nových norem pro stanovení hraničních stupňů příslušnosti pro jednotlivé věkové kategorie a úprava norem stávajících.
3. Vyhodnocení jednotlivých subtestů pomocí fuzzy hodnotících metod.
4. Ukázka komplexního vyhodnocení testové baterie užitím fuzzy hodnotících metod.
5. Uplatnění výsledků diplomové práce při úpravě norem počítačového softwaru NEFRIT.

## 5 METODIKA

Z pohledu metodologie se jedná o empirický výzkum. Výzkumný soubor, na němž je demonstrován princip užití fuzzy hodnotících metod, byl tvořen celkem 1168 mladými tenisty (n = 647) a tenistkami (n = 521) ve věku 10 - 23 let. Počty probandů v jednotlivých kategoriích jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 1. Počet hráčů a hráček v jednotlivých věkových kategoriích

| VĚK       | Hoši<br>(n= 647) | Dívky<br>(n= 521) |
|-----------|------------------|-------------------|
| 9 – 10    | 95               | 71                |
| 11 – 12   | 177              | 150               |
| 13 – 14   | 159              | 162               |
| 15 – 16   | 124              | 86                |
| 17 – 18   | 74               | 43                |
| 19 a více | 18               | 9                 |

Testování bylo realizováno pomocí testové baterie TENDIAG1 (Zháněl, Balaš, Trčka & Shejbal, 2000) pro diagnostiku výkonnostních předpokladů ve sportovních klubech, tréninkových střediscích a u reprezentačních výběrů Českého tenisového svazu. Data byla shromažďována od jara roku 2000 až do jara 2010 . Rozsah souboru je tedy dostatečně rozsáhlý k výzkumným účelům.

Tabulka 2. Testová baterie TENDIAG1 pro diagnostiku výkonnostních předpokladů tenistů

| <i>I. Oblast tělesných předpokladů</i>                | Jednotka |
|-------------------------------------------------------|----------|
| 1. Tělesná výška (a měření hmotnosti pro výpočet BMI) | [m] [kg] |
| 2. Body Mass Index                                    | [index]  |

|                                                              |          |
|--------------------------------------------------------------|----------|
| 3. Pohyblivost v ramenních kloubech                          | [index]  |
| <i>II. Oblast kondičních schopností</i>                      | Jednotka |
| 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]      |
| <i>III. Oblast koordinačních schopností</i>                  | Jednotka |
| 7. Rychlost reakce (typu ruka-oko na vizuální podnět)        | [s]      |
| 8. Rychlost reakce (typu noha-oko na vizuální podnět)        | [s]      |
| 9. Pohyblivost trupu                                         | [počet]  |

Použitá testová baterie postihuje celý komplex tělesných a motorických předpokladů důležitých pro výkonnost v tenise. Popis jednotlivých testů je uveden v příloze 1.

Sledovanými ukazateli byly hodnoty dosažené mladými tenisty v jednotlivých subtestech. Z přehledu naměřených výsledků byly vyřazeny neúplné údaje. Výsledky jednotlivých subtestů jsou vyjádřeny v měřených jednotkách (Tabulka 2).

Testová baterie TENDIAG1 tedy zahrnuje ve finální podobě měření základních tělesných (somatických) charakteristik (3 položky) a testování úrovně kondičních (3 položky) a koordinačních výkonnostních předpokladů (3 položky) a to jak pomocí tzv. terénních motorických testů, tak i s využitím testů označovaných jako laboratorní – použité diagnostické přístroje umožňují přesnější posouzení některých výkonnostních předpokladů tenistů. Položky 1 – 3 (somatické charakteristiky) mají pouze informativní charakter, nejsou bodově hodnoceny a nejsou součástí celkového skóre testové baterie (Zháněl, 2005).

Zpracování zjištěných hodnot v rámci každého subtestu a celkové vyhodnocení testové baterie bylo provedeno pomocí počítačové aplikace MS Excel. Grafy byly zpracovány pomocí počítačových programů MS Excel a MS Word.



## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Všechna získaná data bylo zapotřebí nejprve seřadit podle věku a následně je rozdělit do jednotlivých věkových kategorií v souladu s herními kategoriemi Českého tenisového svazu. Dále jsme provedli postupnou redukci dat, abychom mohli pracovat jen s výsledky použitelnými pro naši výzkumnou práci. V následující tabulce jsou naměřené hodnoty z jednotlivých testů u náhodného výběru probandů z věkové kategorie 11-12 let, na jejichž příkladě bude demonstrován další postup (celkový rozsah souboru je  $n = 177$ ).

Tabulka 3. Naměřené hodnoty u náhodného výběru tenistů ve věku 11-12 let

| proband | věk  | výška [cm] | hmotnost [kg] | Test 2 [index] | Test 3 [index] | Test 4 [kp] | Test 5 [s] | Test 6 [s] | Test 7 [s] | Test 8 [s] | Test 9 [počet] |
|---------|------|------------|---------------|----------------|----------------|-------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| 1       | 11,8 | 144,0      | 38,6          | 18,6           | 2,1            | 22,5        | 14,8       | 152,5      | 0,59       | 0,39       | 39             |
| 2       | 11,8 | 146,0      | 44,6          | 20,9           | 3,0            | 22,3        | 16,7       | 163,8      | 0,55       | 0,44       | 39             |
| 3       | 11,8 | 150,0      | 38,2          | 17,0           | 3,3            | 26,0        | 14,5       | 150,3      | 0,60       | 0,43       | 41             |
| 4       | 11,9 | 146,0      | 43,0          | 20,2           | 1,8            | 24,5        | 14,7       | 151,2      | 0,56       | 0,40       | 39             |
| 5       | 11,9 | 160,0      | 45,0          | 17,6           | 3,0            | 26,0        | 14,7       | 145,6      | 0,58       | 0,41       | 40             |
| 6       | 11,9 | 154,0      | 44,0          | 18,6           | 2,6            | 29,6        | 15,1       | 155,5      | 0,46       | 0,41       | 41             |
| 7       | 11,9 | 149,0      | 38,4          | 17,3           | 3,0            | 19,9        | 17,1       | 177,9      | 0,62       | 0,57       | 36             |
| 8       | 11,9 | 146,0      | 37,6          | 16,3           | 2,2            | 22,3        | 13,8       | 135,1      | 0,50       | 0,45       | 42             |
| 9       | 11,9 | 164,0      | 62,4          | 23,2           | 2,3            | 32,7        | 15,7       | 161,3      | 0,61       | 0,49       | 34             |
| 10      | 12,0 | 161,0      | 52,0          | 20,1           | 2,5            | 26,8        | 15,1       | 154,3      | 0,56       | 0,40       | 40             |
| 11      | 12,0 | 161,0      | 41,4          | 16,0           | 2,1            | 24,4        | 14,8       | 153,2      | 0,50       | 0,44       | 41             |
| 12      | 12,0 | 154,0      | 43,0          | 18,1           | 2,3            | 23,8        | 14,6       | 151,8      | 0,51       | 0,40       | 38             |
| 13      | 12,0 | 157,0      | 43,6          | 17,7           | 2,7            | 26,4        | 13,6       | 138,6      | 0,49       | 0,45       | 42             |
| 14      | 12,0 | 166,0      | 52,8          | 19,2           | 2,7            | 28,8        | 14,8       | 152,0      | 0,53       | 0,47       | 36             |
| 15      | 12,0 | 149,0      | 38,8          | 17,5           | 2,4            | 23,1        | 14,0       | 147,4      | 0,51       | 0,46       | 42             |
| 16      | 12,1 | 155,5      | 46,0          | 18,9           | 1,3            | 22,6        | 14,3       | 151,5      | 0,57       | 0,42       | 43             |
| 17      | 12,1 | 150,0      | 38,0          | 16,9           | 1,6            | 21,5        | 14,9       | 144,4      | 0,63       | 0,48       | 45             |
| 18      | 12,1 | 154,5      | 41,2          | 17,3           | 2,7            | 29,4        | 15,3       | 154,0      | 0,51       | 0,46       | 43             |
| 19      | 12,1 | 164,0      | 42,6          | 15,8           | 2,0            | 25,8        | 15,5       | 154,7      | 0,55       | 0,53       | 37             |
| 20      | 12,2 | 148,0      | 35,0          | 16,0           | 2,8            | 18,5        | 14,6       | 140,8      | 0,50       | 0,30       | 40             |
| 21      | 12,2 | 148,5      | 44,0          | 19,8           | 2,0            | 27,1        | 14,1       | 153,4      | 0,56       | 0,42       | 42             |
| 22      | 12,2 | 156,0      | 46,0          | 18,9           | 1,2            | 28,2        | 14,6       | 152,0      | 0,47       | 0,34       | 47             |
| 23      | 12,2 | 154,0      | 40,0          | 16,9           | 2,3            | 22,7        | 15,2       | 154,0      | 0,58       | 0,40       | 43             |
| 24      | 12,2 | 161,0      | 41,0          | 15,8           | 1,9            | 24,7        | 15,6       | 155,3      | 0,58       | 0,44       | 42             |
| 25      | 12,2 | 158,0      | 48,8          | 19,5           | 1,5            | 30,6        | 14,2       | 148,6      | 0,52       | 0,43       | 48             |

Nakonec jsme vypočítali základní statistické charakteristiky, které uvádím v následujících tabulkách, kde první se týká kategorie mužů a druhá kategorie žen. Výsledky jsou zaokrouhleny na jedno desetinné místo, kromě testů č. 7 a 8, kde jsou kvůli malé směrodatné odchylce ponechána dvě desetinná místa.

Tabulka 4. Přehled základních statistických charakteristik z naměřených dat tenistů pro jednotlivé věkové kategorie (n= 647)

| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
|-----------|-------|------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 9-10      | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 144,4 | 35,5 | 17      | 2,5     | 19,9   | 15,8   | 161,5  | 0,62   | 0,48   | 37,3    |
| s         | 5,5   | 4,4  | 1,4     | 0,5     | 3,1    | 1      | 10,7   | 0,08   | 0,06   | 3,7     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| 11-12     | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 154,6 | 43,6 | 18,2    | 2,5     | 25,1   | 15     | 154    | 0,55   | 0,42   | 41,2    |
| s         | 7,6   | 6,8  | 1,9     | 0,5     | 4,8    | 0,8    | 14,9   | 0,06   | 0,05   | 3,7     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| 13-14     | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 169,8 | 57,1 | 19,6    | 2,5     | 34,6   | 13,9   | 145    | 0,5    | 0,39   | 42,9    |
| s         | 9,2   | 9,3  | 1,9     | 0,4     | 7,5    | 0,8    | 7,4    | 0,05   | 0,04   | 5,2     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| 15-16     | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 182,5 | 72,1 | 21,6    | 2,5     | 45,7   | 13,2   | 137,8  | 0,46   | 0,38   | 42,4    |
| s         | 6,9   | 8,5  | 1,6     | 0,6     | 6,2    | 0,6    | 19,7   | 0,05   | 0,04   | 3,8     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| 17-18     | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 184,3 | 75,6 | 22,3    | 2,4     | 50,1   | 13,1   | 134,2  | 0,46   | 0,38   | 41,9    |
| s         | 5,2   | 7    | 1,7     | 0,7     | 6,8    | 2      | 18,5   | 0,05   | 0,06   | 3,2     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| >19       | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 187,8 | 80,7 | 22,9    | 2,2     | 51,4   | 12,8   | 135,6  | 0,45   | 0,38   | 43      |
| s         | 3,6   | 6,6  | 1,7     | 0,4     | 6,9    | 0,6    | 5,8    | 0,05   | 0,04   | 2,7     |

$\bar{x}$  ..... aritmetický průměr

s ..... směrodatná odchylka

**Test 2 – Test 9** odpovídají jednotlivým subtestům testové baterie TENDIAG1

Tabulka 5. Přehled základních statistických charakteristik z naměřených dat pro jednotlivé věkové kategorie tenistek (n = 521)

| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
|-----------|-------|------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 9-10      | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 144,4 | 36,2 | 17,3    | 2,3     | 18,6   | 16,4   | 166,7  | 0,62   | 0,47   | 37,5    |
| s         | 6,9   | 5,3  | 1,9     | 0,4     | 4,6    | 0,9    | 10,6   | 0,08   | 0,06   | 3,4     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| 11-12     | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 154   | 43   | 18,1    | 2,3     | 22,9   | 15,3   | 157,7  | 0,55   | 0,42   | 40,4    |
| s         | 7     | 7,1  | 2,1     | 0,5     | 4,9    | 0,8    | 8,7    | 0,06   | 0,05   | 3,8     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| 13-14     | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 164,9 | 53,5 | 19,7    | 2,1     | 29     | 14,3   | 150,7  | 0,5    | 0,39   | 42,8    |
| s         | 5,8   | 7,5  | 1,7     | 0,5     | 3,8    | 1,3    | 7,6    | 0,05   | 0,05   | 4,1     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| 15-16     | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 169,6 | 60   | 20,9    | 2,1     | 32,1   | 14,1   | 147    | 0,48   | 0,38   | 41,9    |
| s         | 5,2   | 5    | 1,7     | 0,4     | 4,3    | 0,6    | 7,6    | 0,04   | 0,05   | 5,9     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| 17-18     | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 173,8 | 65,1 | 21,6    | 2,1     | 33,8   | 14     | 150,6  | 0,47   | 0,38   | 42,4    |
| s         | 5,8   | 5,2  | 1,5     | 0,5     | 4,4    | 0,5    | 10,7   | 0,04   | 0,04   | 6,2     |
| Věk       | Výška | Váha | Test 2  | Test 3  | Test 4 | Test 5 | Test 6 | Test 7 | Test 8 | Test 9  |
| >19       | [cm]  | [kg] | [index] | [index] | [kp]   | [s]    | [s]    | [s]    | [s]    | [počet] |
| $\bar{x}$ | 173,7 | 63,8 | 21,1    | 2,2     | 38,9   | 13,9   | 147,8  | 0,44   | 0,35   | 41,1    |
| s         | 6,4   | 6,3  | 1       | 0,3     | 4,7    | 0,4    | 6,1    | 0,03   | 0,04   | 2,4     |

$\bar{x}$  ..... aritmetický průměr

s ..... směrodatná odchylka

**Test 2 – Test 9** odpovídají jednotlivým subtestům testové baterie TENDIAG1

Vývoj somatických charakteristik a kondičních předpokladů souvisí s ontogenetickým vývojem, zatímco u koordinačních předpokladů jsou odlišnosti. Výše uvedené srovnání somatických, kondičních a koordinačních charakteristik, stejně tak i základní statistické charakteristiky nejsou cílem této práce. Získané základní statistické

charakteristiky (aritmetický průměr a směrodatná odchylka) jsou však důležité pro tvorbu hraničních bodů hodnotících funkcí příslušnosti.

Postup konstrukce obecného fuzzy modelu se vyznačuje dvěma po sobě následujícími kroky:

1. zvolení typu funkce příslušnosti
2. sestavení předpisu funkce příslušnosti

Protože naším cílem bylo komplexní posouzení výsledků dosažených v celém souboru testů (nikoli pouze hodnocení subtestů testové baterie), přizpůsobili jsme posloupnost kroků konstrukce fuzzy modelu našim požadavkům:

- zvolení typu funkce příslušnosti pro každý subtest testové baterie
- sestavení předpisu funkce příslušnosti pro každý subtest testové baterie a každou věkovou kategorii
- dílčí hodnocení mladých tenistů v jednotlivých subtestech testové baterie
- určení váhy jednotlivých subtestů vzhledem k testové baterii
- agregace dílčích hodnocení a celková diagnostika předpokladů sportovní výkonnosti testovaných tenisových talentů

ad 1.) Nejprve jsme zúžili oblast hledaných funkcí příslušnosti na funkce po částech lineární. Přitom jsme brali v úvahu expertní posouzení charakteru jednotlivých testů a také princip metody bodových tabulek, která je v oblasti diagnostiky obvykle aplikována. Této metodě i expertnímu odhadu nejvíce odpovídají matematické funkce po částech lineární.

Zmíněné zúžení nás navedlo k typům funkcí L,  $\Gamma$  a  $\Pi$  (viz. Obrázek 2). Právě při volbě funkcí příslušnosti dochází k odklonu od metody bodových tabulek. Testům, kde *nižší* hodnota výsledku znamená lepší hodnocení, jsme přiřadili funkci příslušnosti typu L. Testům, kde *vyšší* hodnota výsledku znamená lepší hodnocení, jsme přiřadili funkci příslušnosti typu  $\Gamma$ . Měření hmotnosti a BMI jsme přiřadili funkci příslušnosti typu  $\Pi$ , neboť je vhodné, aby tělesná hmotnost tenisty byla přiměřená jeho věku a tělesným

proporcím. Příliš nízké naměřené hodnoty jsou stejně málo vhodné jako hodnoty příliš vysoké (Cibulková, 2001).

ad 2.) Vzhledem k tomu, že budeme vytvářet normy pro hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů tenistů a tenistek podle věkových kategorií, sestavíme vzorově fuzzy model hodnocení pro jednu věkovou kategorii a další jen ve stručném přehledu. Průběh a typ funkcí se pro jiné věkové kategorie nemění. Ke změnám dojde pouze při konstrukci norem pro jednotlivé věkové kategorie, které uvedeme v přehledné tabulce níže. Vybranou skupinou budou tenisté ve věku 11-12 let, tj. od 11,0 do 12,9 let, jelikož se jedná o nejpočetnější skupinu.

Hodnoty významných bodů zlomu na po částech lineárních funkcích příslušnosti pro další věkové kategorie uvádí následující tabulky (Tabulka 6 a 7). Funkce  $L$  resp.  $\Gamma$  najdeme pouze sestupnou resp. vzestupnou hranu. Proto jsou v tabulce vynechané právě ty body, které pro danou funkci nejsou definované.

Tabulka 6. Hraniční body fuzzy hodnotících funkcí pro muže

| Věk<br>9-10  | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
|--------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| $a_i$        | 138,9         | 31,1         | 15,5              | -                 | 16,8           | -             | -             | -             | -             | 34                |
| $b_i$        | 150,0         | 33,3         | 16,2              | -                 | 23,0           | -             | -             | -             | -             | 41                |
| $c_i$        | -             | 37,7         | 17,7              | 2,0               | -              | 14,8          | 150,8         | 0,54          | 0,42          | -                 |
| $d_i$        | -             | 40,0         | 18,4              | 3,0               | -              | 16,8          | 178,2         | 0,70          | 0,54          | -                 |
| Věk<br>11-12 | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| $a_i$        | 138,9         | 36,8         | 16,3              | -                 | 20,4           | -             | -             | -             | -             | 38                |
| $b_i$        | 149,9         | 40,2         | 17,2              | -                 | 30,0           | -             | -             | -             | -             | 45                |
| $c_i$        | -             | 47,0         | 19,1              | 2,0               | -              | 14,2          | 139,1         | 0,5           | 0,4           | -                 |
| $d_i$        | -             | 50,4         | 20,0              | 2,9               | -              | 15,8          | 168,8         | 0,6           | 0,5           | -                 |
| Věk<br>13-14 | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| $a_i$        | 160,6         | 47,8         | 17,6              | -                 | 27,1           | -             | -             | -             | -             | 38                |
| $b_i$        | 179,1         | 52,5         | 18,6              | -                 | 42,2           | -             | -             | -             | -             | 48                |
| $c_i$        | -             | 61,7         | 20,6              | 2,1               | -              | 13,2          | 137,6         | 0,45          | 0,35          | -                 |
| $d_i$        | -             | 66,4         | 21,5              | 2,9               | -              | 14,7          | 152,4         | 0,55          | 0,43          | -                 |
| Věk<br>15-16 | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| $a_i$        | 175,5         | 63,6         | 20,0              | -                 | 39,5           | -             | -             | -             | -             | 39                |
| $b_i$        | 189,4         | 67,9         | 20,8              | -                 | 51,9           | -             | -             | -             | -             | 46                |
| $c_i$        | -             | 76,4         | 22,4              | 1,9               | -              | 12,5          | 118,2         | 0,41          | 0,34          | -                 |
| $d_i$        | -             | 80,6         | 23,2              | 3,0               | -              | 13,8          | 157,5         | 0,51          | 0,42          | -                 |
| Věk<br>17-18 | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| $a_i$        | 179,1         | 68,6         | 20,6              | -                 | 43,3           | -             | -             | -             | -             | 39                |
| $b_i$        | 189,5         | 72,1         | 21,6              | -                 | 56,9           | -             | -             | -             | -             | 45                |
| $c_i$        | -             | 79,1         | 23,1              | 1,7               | -              | 11            | 115,7         | 0,41          | 0,32          | -                 |
| $d_i$        | -             | 82,6         | 23,9              | 3,0               | -              | 15,1          | 152,7         | 0,51          | 0,44          | -                 |
| Věk<br>>19   | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| $a_i$        | 184,2         | 74,2         | 21,2              | -                 | 54,4           | -             | -             | -             | -             | 40                |
| $b_i$        | 191,4         | 77,5         | 22                | -                 | 58,3           | -             | -             | -             | -             | 46                |
| $c_i$        | -             | 84,0         | 23,8              | 1,8               | -              | 12,1          | 129,8         | 0,4           | 0,34          | -                 |
| $d_i$        | -             | 87,3         | 24,6              | 2,5               | -              | 13,4          | 140,8         | 0,5           | 0,42          | -                 |

Tabulka 7. Hraniční body fuzzy hodnotících funkcí pro ženy

| Věk<br>9-10    | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
|----------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| a <sub>i</sub> | 137,5         | 30,9         | 15,4              | -                 | 14,0           | -             | -             | -             | -             | 34                |
| b <sub>i</sub> | 151,3         | 33,5         | 16,4              | -                 | 23,2           | -             | -             | -             | -             | 41                |
| c <sub>i</sub> | -             | 38,9         | 18,3              | 1,9               | -              | 15,5          | 156,1         | 0,54          | 0,41          | -                 |
| d <sub>i</sub> | -             | 41,5         | 19,2              | 2,7               | -              | 17,2          | 177,3         | 0,7           | 0,53          | -                 |
| Věk<br>11-12   | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| a <sub>i</sub> | 147,0         | 35,9         | 16,0              | -                 | 18,0           | -             | -             | -             | -             | 37                |
| b <sub>i</sub> | 160,9         | 39,4         | 17,0              | -                 | 27,7           | -             | -             | -             | -             | 44                |
| c <sub>i</sub> | -             | 46,5         | 19,1              | 1,8               | -              | 14,5          | 149,0         | 0,49          | 0,37          | -                 |
| d <sub>i</sub> | -             | 50,1         | 20,2              | 2,8               | -              | 16,1          | 166,4         | 0,61          | 0,47          | -                 |
| Věk<br>13-14   | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| a <sub>i</sub> | 159,1         | 46,0         | 18,0              | -                 | 25,2           | -             | -             | -             | -             | 39                |
| b <sub>i</sub> | 170,7         | 49,7         | 18,8              | -                 | 32,8           | -             | -             | -             | -             | 47                |
| c <sub>i</sub> | -             | 57,3         | 20,6              | 1,6               | -              | 13,1          | 143,0         | 0,45          | 0,34          | -                 |
| d <sub>i</sub> | -             | 61,0         | 21,4              | 2,6               | -              | 15,6          | 158,3         | 0,55          | 0,44          | -                 |
| Věk<br>15-16   | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| a <sub>i</sub> | 164,4         | 55,0         | 19,2              | -                 | 27,8           | -             | -             | -             | -             | 36                |
| b <sub>i</sub> | 174,8         | 57,5         | 20,0              | -                 | 36,4           | -             | -             | -             | -             | 48                |
| c <sub>i</sub> | -             | 62,5         | 21,8              | 1,7               | -              | 13,4          | 139,4         | 0,44          | 0,33          | -                 |
| d <sub>i</sub> | -             | 65,0         | 22,6              | 2,5               | -              | 14,7          | 154,7         | 0,52          | 0,43          | -                 |
| Věk<br>17-18   | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| a <sub>i</sub> | 168           | 60,0         | 20,1              | -                 | 29,4           | -             | -             | -             | -             | 36                |
| b <sub>i</sub> | 179,5         | 62,6         | 20,8              | -                 | 38,2           | -             | -             | -             | -             | 49                |
| c <sub>i</sub> | -             | 67,7         | 22,4              | 1,6               | -              | 13,5          | 139,9         | 0,43          | 0,34          | -                 |
| d <sub>i</sub> | -             | 70,3         | 23,1              | 2,6               | -              | 14,5          | 161,3         | 0,51          | 0,41          | -                 |
| Věk<br>>19     | Výška<br>[cm] | Váha<br>[kg] | Test 2<br>[index] | Test 3<br>[index] | Test 4<br>[kp] | Test 5<br>[s] | Test 6<br>[s] | Test 7<br>[s] | Test 8<br>[s] | Test 9<br>[počet] |
| a <sub>i</sub> | 167,2         | 57,5         | 20,1              | -                 | 34,2           | -             | -             | -             | -             | 39                |
| b <sub>i</sub> | 180,1         | 60,6         | 20,6              | -                 | 43,6           | -             | -             | -             | -             | 44                |
| c <sub>i</sub> | -             | 66,9         | 21,6              | 2,0               | -              | 13,5          | 141,7         | 0,41          | 0,31          | -                 |
| d <sub>i</sub> | -             | 70,0         | 22,0              | 2,5               | -              | 14,3          | 153,9         | 0,47          | 0,39          | -                 |



Pro konstrukci předpisu  **$\Gamma$  funkce příslušnosti** využijeme označení  $v_i$  pro hodnotu výsledku dané testované osoby v testu číslo  $i$ ,  $a_i$  (odpovídá  $\bar{x} - s$ ) pro hodnotu absolutně nevyhovujícího výsledku v testu číslo  $i$ ,  $b_i$  (odpovídá  $\bar{x} + s$ ) pro hodnotu absolutně vyhovujícího výsledku v testu číslo  $i$ . Přitom každému výsledku  $v_i$  mezi hodnotami  $a_i$  a  $b_i$  je přiřazena hodnota mezi nulou a jedničkou podle funkce.

U testů č. 3, 5, 6, 7 a 8, jimž jsme přiřadili  **$L$  funkci příslušnosti**, jsme při konstrukci norem pro jednotlivé kategorie postupovali obdobně. Odečteme-li od průměrné hodnoty jednu směrodatnou odchylku ( $\bar{x} - s$ ), dostaneme nejvyšší hodnotu výsledku absolutně vyhovujícího dané fuzzy množině. Jde tedy o nejvyšší možnou hodnotu výsledku, které je ještě přiřazena jednička. Každé hodnotě výsledku patřícího do otevřeného intervalu ( $\bar{x} - s$ ,  $\bar{x} + s$ ) je opět přiřazena hodnota mezi jedničkou a nulou. Jestliže naopak přičteme k průměru jednu směrodatnou odchylku ( $\bar{x} + s$ ), dostaneme nejnižší absolutně nevyhovující hodnotu výsledku. To znamená, že každému výsledku, který je roven nebo vyšší než  $\bar{x} + s$ , přiřadíme nulu (Cibulková, 2001).

Výpočet hodnot přiřazovaných testu č. 2 (BMI) a hodnocení hmotnosti se od předešlých testů poněkud liší. Testu č. 2 jsme přiřadili funkci příslušnosti typu  $\Pi$ , která je definována čtyřmi hodnotami, zatímco funkce příslušnosti typu  $\Gamma$  a  $L$  jsou dány pouze dvěma hodnotami. Průměr jsme v případě testu č. 2 zvolili uprostřed vodorovné úsečky odpovídající hodnotě jedna. Tato úsečka je dána body průměr minus půl směrodatné odchylky ( $\bar{x} - 0,5s$ ) a průměr plus půl směrodatné odchylky ( $\bar{x} + 0,5s$ ). Všechny výsledky ležící mezi body  $\bar{x} - 0,5s$  a  $\bar{x} + 0,5s$  včetně, jsou ohodnoceny jedničkou. Naproti tomu výsledky nižší nebo rovny  $\bar{x} - s$  jsou ohodnoceny nulou, stejně jako výsledky vyšší nebo rovny  $\bar{x} + s$ . Hodnota mezi jedničkou a nulou je přiřazena všem výsledkům, které padnou do jednoho z otevřených intervalů ( $\bar{x} - s$ ;  $\bar{x} - 0,5s$ ), ( $\bar{x} + 0,5s$ ;  $\bar{x} + s$ ).

Pro konstrukci předpisu  **$\Pi$  funkce příslušnosti** využijeme stejného označení  $v_i$  pro hodnotu výsledku dané testované osoby v testu číslo  $i$ , dále pak  $a_i$  (odpovídá  $\bar{x} - s$ ) pro první hodnotu absolutně nevyhovujícího výsledku v testu číslo  $i$ ;  $b_i$  (odpovídá  $\bar{x} - 0,5s$ ) a  $c_i$  (odpovídá  $\bar{x} + 0,5s$ ) pro ohraničení intervalu absolutně vyhovujících výsledků v testu číslo  $i$ ;  $d_i$  (odpovídá  $\bar{x} + s$ ) pro druhou hodnotu absolutně nevyhovujícího výsledku v testu číslo  $i$ . Přitom každému výsledku  $v_i$  mezi hodnotami  $a_i$  a  $b_i$  je přiřazena hodnota mezi nulou a jedničkou podle funkce  $(v_i - a_i)/(b_i - a_i)$ , každému výsledku  $v_i$

mezi hodnotami  $c_i$  a  $d_i$  je také přiřazena hodnota mezi nulou a jedničkou, a to podle funkce  $(d_i - v_i)/(d_i - c_i)$ . Protože rozdíl mezi hodnotami  $a_i, b_i$  i mezi hodnotami  $c_i, d_i$  je půl směrodatné odchylky, je zřejmé, že jmenovatelé obou zlomků jsou si rovny (Cibulková, 2001).

Obecný předpis pro  $\Pi$  funkci příslušnosti (test č. 1) potom vypadá takto:

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

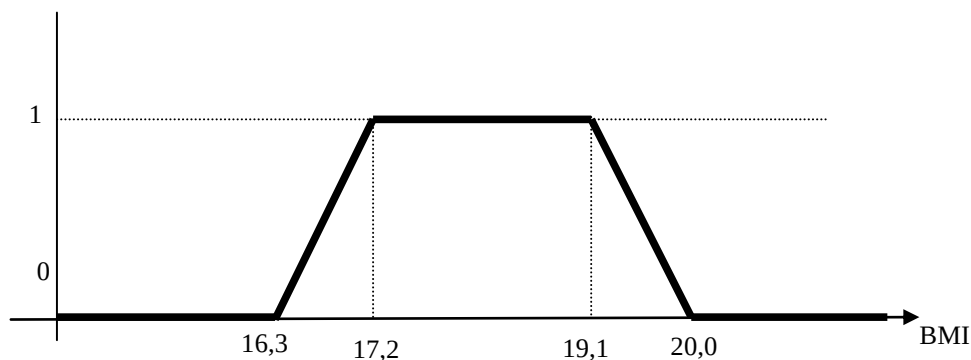
Pomocí předpisů funkcí příslušnosti  $\Gamma$ ,  $L$ ,  $\Pi$  a norem pro jednotlivé kategorie jsme vypočítali stupeň příslušnosti testovaných osob v každé z položek testové baterie. Hodnotám rovným nebo horším než  $\bar{x} - s$  (testy č. 2, 4, 9), resp.  $\bar{x} + s$  (testy č. 3, 5, 6, 7, 8) jsme automaticky přiřadili stupeň příslušnosti nula, tj. nepatří do fuzzy množiny „výborný výsledek v daném testu“. Hodnotám rovným nebo lepším než  $\bar{x} + s$  (testy č. 2, 4, 9), resp.  $\bar{x} - s$  (testy č. 3, 5, 6, 7, 8) jsme automaticky přiřadili stupeň příslušnosti jedna, tj. patří úplně do fuzzy množiny „výborný výsledek v daném testu“. Stupeň příslušnosti naměřených hodnot ležících mezi  $\bar{x} - s$  a  $\bar{x} + s$  (vyjma testu č. 2 a hodnocení hmotnosti) jsme vypočítali pomocí předpisu daného odpovídající funkcí příslušnosti. Tyto výsledky patří do fuzzy množiny „výborný výsledek v daném testu“ částečně a jsou tím více vyhovující, čím se jejich stupeň příslušnosti blíží jedničce.

U testu č. 2 a hodnocení hmotnosti jsme stupeň příslušnosti jedna přiřadili hodnotám ležícím v uzavřeném intervalu  $\langle x - 0,5s; x + 0,5s \rangle$ , což znamená, že všechny tyto hodnoty patří úplně do fuzzy množiny „výborný výsledek v daném testu“. Hodnoty výsledků nižší nebo rovny  $\bar{x} - s$  jsou automaticky hodnoceny nulou, stejně jako výsledky vyšší nebo rovny  $\bar{x} + s$ , tj. žádný z těchto výsledků nepatří vůbec do fuzzy množiny „výborný výsledek v daném testu“. Hodnota mezi jedničkou a nulou je přiřazena všem výsledkům, které padnou do jednoho z otevřených intervalů  $(\bar{x} - s; \bar{x} -$

$0,5s$ ),  $(\bar{x} + 0,5s; \bar{x} + s)$ . Opět platí, že tyto výsledky patří do fuzzy množiny „výborný výsledek v daném testu“ částečně a jsou tím více vyhovující, čím se jejich stupeň příslušnosti blíží jedničce (Cibulková, 2001).

Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky v jednotlivých subtestech jsme vypočítali pomocí software MS Excel. Stejného software jsme využili i pro stanovení procentuálního výskytu testovaných tenistů v jednotlivých po částech lineárních oblastí funkcí příslušnosti.

Testu č.2 (BMI) patří do oblasti somatických předpokladů, k jeho výpočtu potřebujeme znát výšku a hmotnost tenisty. Podle expertního posouzení a statistik světových hráčů jsme hodnocení výšky přiřadili funkci příslušnosti typu  $\Gamma$ , neboť vyšší tělesná výška má nesporné výhody při podání a hře na síti. Je-li vysoce nadprůměrná tělesná výška nevýhodou z pohledu koordinace, nelze jasně potvrdit ani vyvrátit. Přesto ponecháme funkci zvoleného typu, jelikož se mezi prvními 50 hráči žebříčku ATP nachází muži vyšší než dva metry. Podprůměrná výška je ovšem spíše nevýhodou, byť se mezi předními hráči objevují výjimky. Výrazně nízká i vysoká hmotnost je přirozeně nevhodná pro tenisovou hru – nízká hmotnost neumožňuje dostatečnou razanci a sílu do úderu a vysoká hmotnost je překážkou při rychlých pohybech po dvorci a tudíž pro hodnocení hmotnosti zvolme funkci typu  $\Pi$ . Složením těchto dvou funkcí dostáváme opět funkci typu  $\Pi$ . Průměrnou hodnotu BMI umístíme do středu intervalu, ve kterém funkce příslušnosti nabývá hodnoty 1. Hodnoty 1 nabudou také výsledky v rozmezí poloviny směrodatné odchylky, tj.  $(\bar{x} - 0,5s; \bar{x} + 0,5s)$ . Hodnota mezi jedničkou a nulou je přiřazena všem výsledkům, které padnou do jednoho z otevřených intervalů  $(\bar{x} - s; \bar{x} - 0,5s)$ ,  $(\bar{x} + 0,5s; \bar{x} + s)$ . Hodnoty 0 pak budou přiřazeny výsledkům větším (menším) než průměrná hodnota zvětšená (zmenšená) o 1 směrodatnou odchylku. Tvar této funkce odpovídá obecně uznávaným výsledkům, kdy se optimální hodnoty BMI pohybují v jistém rozmezí.



Obrázek 4. Funkce příslušnosti typu  $\Pi$  pro hodnocení indexu BMI

Obecný předpis pro  $\Pi$  funkci příslušnosti (test č. 1) potom vypadá takto:

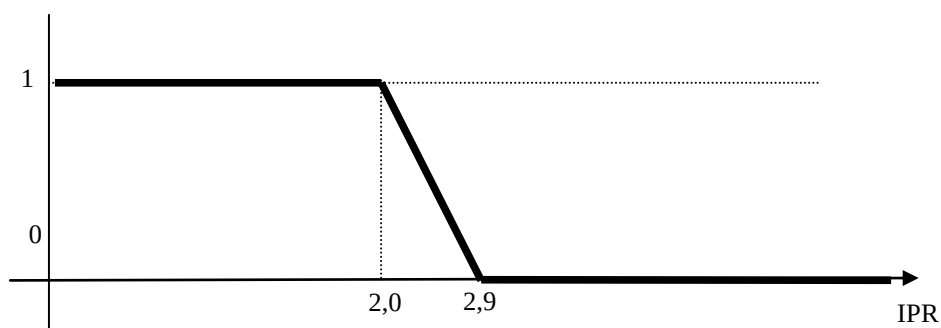
$$A(v_i, a_i, b_i, c_i, d_i) = \begin{cases} 0 & \text{pro } v_i \leq a_i \\ \frac{(v_i - a_i)}{(b_i - a_i)} & \text{pro } a_i \leq v_i \leq b_i \\ 1 & \text{pro } b_i \leq v_i \leq c_i \\ \frac{(d_i - v_i)}{(d_i - c_i)} & \text{pro } c_i \leq v_i \leq d_i \\ 0 & \text{pro } v_i \geq d_i \end{cases}$$

kde,  $v_i$  je výsledek testované osoby,  $a_i$  je hodnota, pro kterou funkce příslušnosti ještě vrátí 0;  $b_i$  a  $c_i$  jsou hraniční body pro interval odpovídající hodnotě 1, tj. „výborný výsledek v daném testu“ a  $d_i$  je hodnota, pro kterou už funkce příslušnosti vrátí 0.

Z naměřených hodnot u 11-12 letých hráčů jsme zjistili, že 38% mladých tenistů má optimální hodnotu BMI a bude jim přiřazena hodnota 1, 34% hráčů má nevyhovující hodnotu a zbylých 28% hráčům bude přiřazena hodnota mezi 0 a 1.

Pro test č.3 – IPR jsme zkonstruovali funkci příslušnosti typu L. Odečteme-li od průměrné hodnoty jednu směrodatnou odchylku ( $\bar{x} - s$ ), dostaneme nejvyšší hodnotu výsledku absolutně vyhovujícího dané fuzzy množině. Jde tedy o nejvyšší možnou hodnotu výsledku, které je ještě přiřazena jednička. Každé hodnotě výsledku patřícího do otevřeného intervalu ( $\bar{x} - s$ ;  $\bar{x} + s$ ) je opět přiřazena hodnota mezi jedničkou a

nulou. Jestliže naopak přičteme k průměru jednu směrodatnou odchylku ( $\bar{x} + s$ ), dostaneme nejnižší, absolutně nevyhovující hodnotu výsledku. To znamená, že každému výsledku, který je roven nebo vyšší než  $\bar{x} + s$ , přiřadíme 0. Označení dalších proměnných je stejné jako v předcházejícím případě.



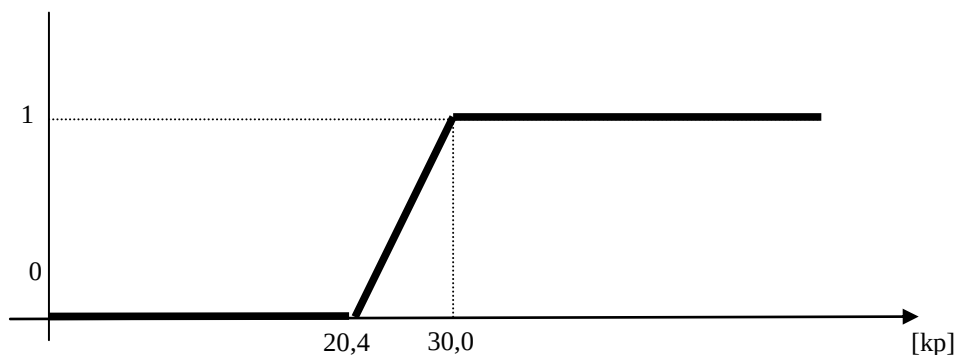
Obrázek 5. Funkce příslušnosti typu L pro hodnocení indexu IPR

Obecný předpis pro L funkci příslušnosti pak vypadá následovně:

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

Celkem 13% z testovaných tenistů dosáhlo výsledku, který bude ohodnocen 1, 10% tenistů bude hodnoceno 0 a zbylé většině bude přiřazena výsledná hodnota v rozmezí 0 a 1 dle hodnotící funkce.

Pro test č.4 – síla herní ruky, jsme zkonstruovali funkci příslušnosti typu  $\Gamma$ , která vychází z expertního posouzení. Přirozeně je lepší tvrdší úder, proto vyšší hodnoty budou hodnoceny lepším výsledkem. Opět využijeme označení  $v_i$  pro hodnotu výsledku dané testované osoby v testu číslo  $i$ ,  $a_i$  (odpovídá  $\bar{x} - s$ ) pro hodnotu absolutně nevyhovujícího výsledku v testu číslo  $i$ ,  $b_i$  (odpovídá  $\bar{x} + s$ ) pro hodnotu absolutně vyhovujícího výsledku v testu číslo  $i$ .



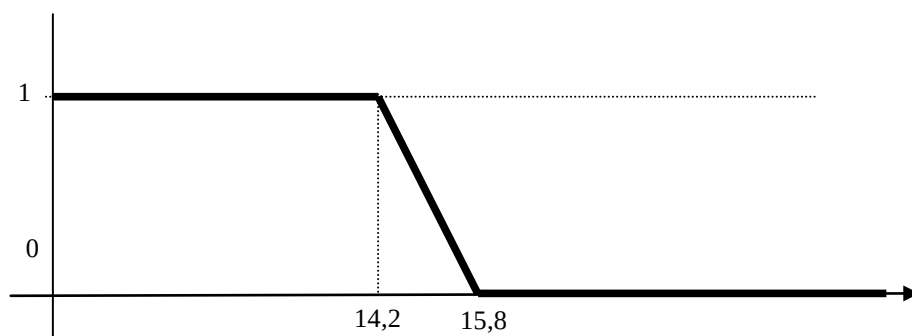
Obrázek 6. Funkce příslušnosti typu  $\Gamma$  pro hodnocení síly herní ruky

Obecný předpis pro  $\Gamma$  funkci příslušnosti s dříve uvedeným značením potom vypadá takto:

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

Necelých 15% testovaných chlapců ve věku 11-12 let nedisponuje dostatečnou silou herní ruky a dle hodnotící funkce jim bude přiřazena hodnota 0. Na druhé straně 14% chlapců dosáhlo výborného výsledku a bude jim přiřazena 1. Ostatní chlapci (71%) leží v intervalu (0; 1).

Test č.5 – běžecká rychlost. Zkonstruovali jsme funkci příslušnosti typu L, která koresponduje s faktem, že rychlejší tenista je ve výhodě oproti pomalejšímu. Tzn., že nižším naměřeným hodnotám přiřadíme lepší výsledek. Opět využijeme označení  $v_i$  pro hodnotu výsledku dané testované osoby v testu číslo  $i$ ,  $a_i$  (odpovídá  $\bar{x} - s$ ) pro hodnotu absolutně nevyhovujícího výsledku v testu číslo  $i$ ,  $b_i$  (odpovídá  $\bar{x} + s$ ) pro hodnotu absolutně vyhovujícího výsledku v testu číslo  $i$ .



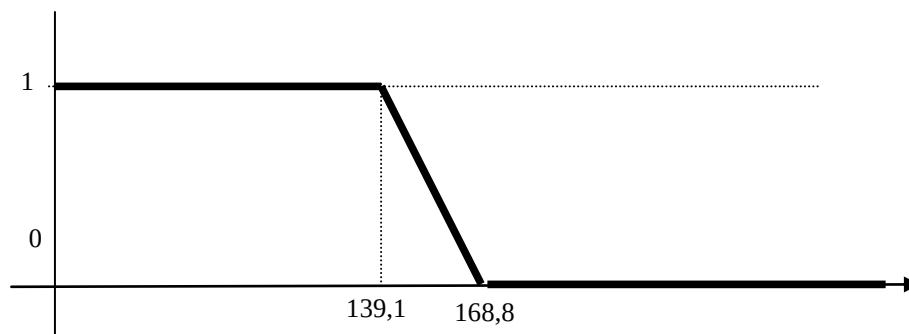
Obrázek 7. Funkce příslušnosti typu L pro hodnocení běžecké rychlosti

Obecný předpis pro L funkci příslušnosti pak vypadá následovně:

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

Celkem 25 tenistů (14%) ve věku 11-12 let dosáhlo horšího výsledku než 15,75 a bude jim přiřazena hodnota 0, naopak 27 tenistů (15%) naopak dosáhlo výborného výsledku a jim přiřadíme hodnotu 1. Ostatním bude přiřazena hodnota z intervalu (0; 1) dle hodnotící funkce.

Test č.6 – běžecká vytrvalost (krátkodobá). Průběh a konstrukce funkce příslušnosti má stejný průběh jako u běžecké rychlosti, tedy funkce typu L. Rovněž se jedná o měření času, takže kratšímu času v testu bude přiřazen lepší výsledek.



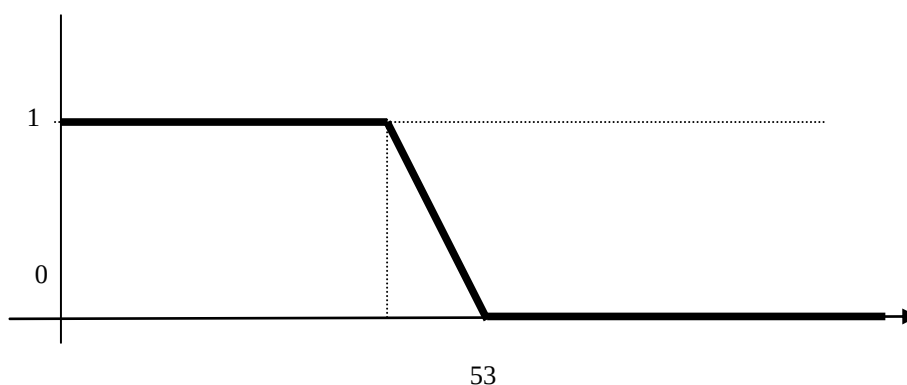
Obrázek 8. Funkce příslušnosti typu L pro hodnocení běžecké vytrvalosti

Obecný předpis pro L funkci příslušnosti pak vypadá následovně:

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

U tohoto testu se na obou „pólech“ (hodnocení 0 i 1) objevilo shodně 8 tenistů, což tvoří 4,5% všech testovaných.

Test č.7 – rychlost reakce – ruka. Snahou zde testovaných tenistů je dosáhnout co nejlepšího času. Z toho vyplývá i funkce příslušnosti typu L, se shodným průběhem pro všechny „časové“ subtesty.





0,5      0,6

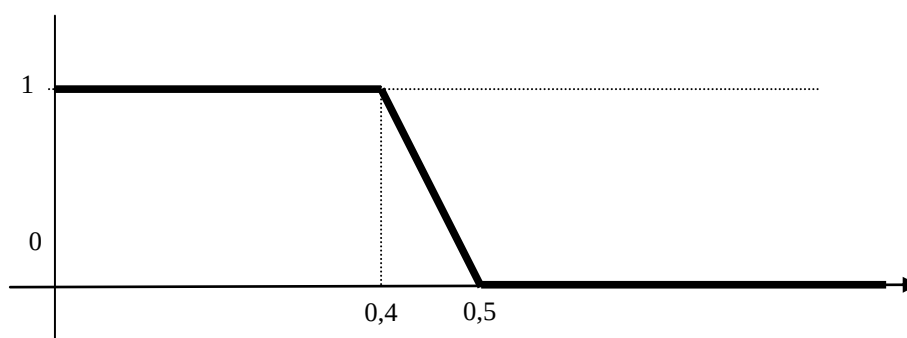
Obrázek 9. Funkce příslušnosti typu L pro hodnocení rychlosti reakce ruky

Obecný předpis pro L funkci příslušnosti pak vypadá následovně:

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

I v tomto subtestu se shodně v počtu 31 tenistů ( tj. necelých 18%) umístilo jak v oblasti hodnocení 1 tak i 0.

Test č.8 – rychlost reakce – noha. Jedná se opět o funkci příslušnosti typu L – menší hodnotě přiřadíme lepší hodnocení.



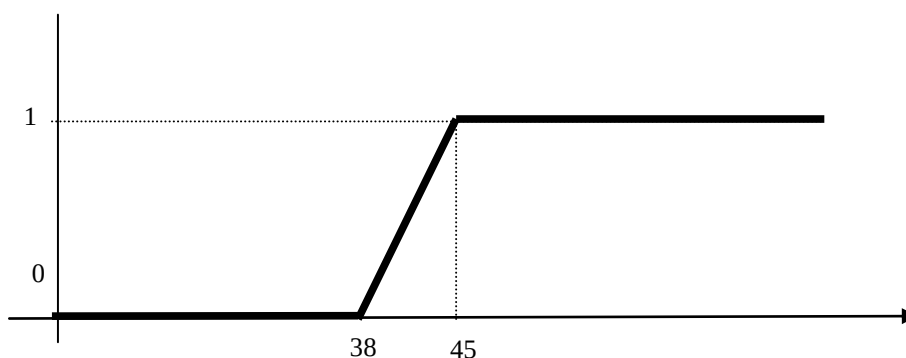
Obrázek 10. Funkce příslušnosti typu L pro hodnocení rychlosti reakce nohou

Obecný předpis pro L funkci příslušnosti pak vypadá následovně:

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

V tomto subtestu dosáhlo výborného výsledku a hodnocení 1 28 mladých hráčů, což tvoří necelých 16% všech testovaných tenistů. Naopak hodnocení 0 si odneslo rovněž 28 hráčů. Ostatním bude přiřazeno hodnocení z intervalu (0; 1) dle funkce příslušnosti.

Test č.9 – pohyblivost trupu. Cílem testu je provést co nejvíce korektně provedených pohybů, tzn. že čím větší počet, tím lepší hodnocení a tomu odpovídá funkce příslušnosti typu  $\Gamma$ .



Obrázek 11. Funkce příslušnosti typu  $\Gamma$  pro hodnocení pohyblivosti trupu

Obecný předpis pro  $\Gamma$  funkci příslušnosti s výše uvedeným značením potom vypadá následovně:

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

S hodnocením 0 bylo testováno celkem 24 tenistů, což tvoří zhruba 13,5% testovaného souboru a hodnocení 1 obdrželo 32 mladých hráčů, tj. 18% hráčů.

V tomto okamžiku máme vytvořeny funkce příslušnosti k jednotlivým subtestům testové baterie TENDIAG1 a na základě základních statistických charakteristik jsme stanovili hraniční body příslušnosti k množinám výsledků. Podle takto vytvořených norem budou ohodnoceny naměřené hodnoty v každém testu zvlášť. Pro ukázkou předkládáme v následující tabulce ohodnocení výsledků u stejných probandů jako v tabulce 3.

| proband | věk  | výška [cm] | hmotnost [kg] | BMI [index] | IPR [index] | síla HR [kp] | rychlost [s] | vytrvalost [s] | reakce R [s] | reakce N [s] | PT [počet] |
|---------|------|------------|---------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|------------|
| 1       | 11,8 | 0,46       | 0,53          | 1,00        | 0,13        | 0,22         | 0,63         | 0,55           | 0,10         | 1,00         | 0,14       |
| 2       | 11,8 | 0,65       | 1,00          | 0,00        | 0,00        | 0,20         | 0,00         | 0,17           | 0,50         | 0,60         | 0,14       |
| 3       | 11,8 | 1,00       | 0,41          | 0,78        | 0,00        | 0,58         | 0,81         | 0,62           | 0,00         | 0,70         | 0,43       |
| 4       | 11,9 | 0,65       | 1,00          | 0,00        | 1,00        | 0,43         | 0,69         | 0,59           | 0,40         | 1,00         | 0,14       |
| 5       | 11,9 | 1,00       | 1,00          | 1,00        | 0,00        | 0,58         | 0,71         | 0,78           | 0,20         | 0,90         | 0,29       |
| 6       | 11,9 | 1,00       | 1,00          | 1,00        | 0,67        | 0,96         | 0,44         | 0,45           | 1,00         | 0,90         | 0,43       |
| 7       | 11,9 | 0,92       | 0,47          | 1,00        | 0,00        | 0,00         | 0,00         | 0,00           | 0,00         | 0,00         | 0,00       |
| 8       | 11,9 | 0,65       | 0,24          | 0,00        | 0,22        | 0,20         | 1,00         | 1,00           | 1,00         | 0,50         | 0,57       |
| 9       | 11,9 | 1,00       | 0,00          | 0,00        | 0,33        | 1,00         | 0,06         | 0,25           | 0,00         | 0,10         | 0,00       |
| 10      | 12,0 | 1,00       | 0,00          | 0,00        | 0,56        | 0,67         | 0,44         | 0,49           | 0,40         | 1,00         | 0,29       |
| 11      | 12,0 | 1,00       | 1,00          | 0,00        | 0,11        | 0,42         | 0,60         | 0,53           | 1,00         | 0,60         | 0,43       |
| 12      | 12,0 | 1,00       | 1,00          | 1,00        | 0,33        | 0,35         | 0,73         | 0,57           | 0,90         | 1,00         | 0,00       |
| 13      | 12,0 | 1,00       | 1,00          | 1,00        | 0,78        | 0,63         | 1,00         | 1,00           | 1,00         | 0,50         | 0,57       |
| 14      | 12,0 | 1,00       | 0,00          | 0,89        | 0,78        | 0,88         | 0,66         | 0,57           | 0,70         | 0,30         | 0,00       |
| 15      | 12,0 | 0,92       | 0,59          | 1,00        | 0,44        | 0,28         | 1,00         | 0,72           | 0,90         | 0,40         | 0,57       |
| 16      | 12,1 | 1,00       | 1,00          | 1,00        | 1,00        | 0,23         | 0,94         | 0,58           | 0,30         | 0,80         | 0,71       |
| 17      | 12,1 | 1,00       | 0,35          | 0,67        | 1,00        | 0,11         | 0,56         | 0,82           | 0,00         | 0,20         | 1,00       |
| 18      | 12,1 | 1,00       | 1,00          | 1,00        | 0,78        | 0,94         | 0,31         | 0,50           | 0,60         | 0,40         | 0,71       |
| 19      | 12,1 | 1,00       | 1,00          | 0,00        | 1,00        | 0,56         | 0,19         | 0,48           | 0,50         | 0,00         | 0,00       |
| 20      | 12,2 | 1,00       | 0,00          | 0,00        | 0,89        | 0,00         | 0,75         | 0,94           | 1,00         | 1,00         | 0,29       |
| 21      | 12,2 | 0,87       | 1,00          | 0,22        | 1,00        | 0,70         | 1,00         | 0,52           | 0,40         | 0,80         | 0,57       |
| 22      | 12,2 | 1,00       | 1,00          | 1,00        | 1,00        | 0,81         | 0,75         | 0,57           | 1,00         | 1,00         | 1,00       |
| 23      | 12,2 | 1,00       | 0,94          | 0,67        | 0,33        | 0,24         | 0,36         | 0,50           | 0,20         | 1,00         | 0,71       |
| 24      | 12,2 | 1,00       | 1,00          | 0,00        | 1,00        | 0,45         | 0,12         | 0,45           | 0,20         | 0,60         | 0,57       |
| 25      | 12,2 | 1,00       | 0,47          | 0,56        | 1,00        | 1,00         | 1,00         | 0,68           | 0,80         | 0,70         | 1,00       |

Tabulka 8. Parciální hodnocení náhodně vybraných probandů ve věku 11-12 let

Dalším krokem umožňujícím společné vyhodnocení výsledků testové baterie, tzn. získat jediné číslo nebo slovní hodnocení, je agregace nebo-li slučování dílčích

výsledků v konečné hodnocení. Druhů agregací existuje celá řada. Pro ilustraci uvedu dva příklady různých agregací.

První agregace je vhodná v případě, že každému subtestu přiřadíme stejnou váhu, tzn. žádný dílčí test není důležitější než ty ostatní. Tento typ agregace je také jednodušší a spočívá v sečtení výsledků jednotlivých testů a vydělením celkovým počtem všech testů. Dá se říci, že se jedná o aritmetický průměr ze všech testů. Tuto agregaci označíme A1.

Obecný předpis pro agregaci A1 bude vypadat takto:

$$A1 = (1/i) \sum v_i,$$

kde  $v_i$  je výsledek z i-tého testu.

Tabulka 9. Výsledné skóre z testové baterie TENDIAG1 u náhodně vybraných probandů ve věkové kategorii 11-12 let podle agregace A1

| proband | A1   |
|---------|------|
| 1       | 0,47 |
| 2       | 0,20 |
| 3       | 0,49 |
| 4       | 0,53 |
| 5       | 0,56 |
| 6       | 0,73 |
| 7       | 0,13 |
| 8       | 0,56 |
| 9       | 0,22 |
| 10      | 0,48 |
| 11      | 0,46 |
| 12      | 0,61 |
| 13      | 0,81 |
| 14      | 0,60 |
| 15      | 0,66 |
| 16      | 0,70 |
| 17      | 0,55 |
| 18      | 0,66 |
| 19      | 0,34 |
| 20      | 0,61 |
| 21      | 0,65 |
| 22      | 0,89 |
| 23      | 0,50 |
| 24      | 0,42 |
| 25      | 0,84 |

Druhý typ agreace je více sofistikovaný a počítá s možností, že různým testům přiřadíme různou váhu. Tato situace je i v praxi častější, např. kriteria pro přidělení hypotéky v bance nebo při rozhodování o přijetí nového pracovníka do zaměstnání, atd. V tomto případě musíme jednotlivým subtestům přiřadit koeficienty z intervalu (0; 1) tak, aby v součtu daly dohromady 1. Jednotlivé váhy jsou buďto expertně odhadovány nebo jsou přiřazeny na základě statistických výsledků. V současné době existuje celá řada různých algoritmů na odhadování a výpočet vah pro jednotlivé subtesty, jako je metoda bodovací, párové srovnávání, Saatyho metoda, aj. Tuto agregaci označíme A2.

Obecný předpis pro výpočet celkového hodnocení s expertně stanovenými vahami pro jednotlivé subtesty bude vypadat následovně:

$$A2 = \sum w_i v_i,$$

kde  $w_i$  je hodnota váhy pro i-tý test a  $v_i$  je výsledek i-tého testu.

## 7 ZÁVĚRY

S ohledem na hlavní cíl předkládané práce, kterým bylo vytvoření postupu na principu fuzzy teorie umožňujícího hodnocení výzkumných dat získaných pomocí testové baterie TENDIAG1, jsme výše prezentovali možnosti komplexního hodnocení výkonnostních předpokladů mladých tenistů pomocí fuzzy hodnotících metod. Vzhledem k velkému rozsahu souboru jsme pro demonstraci řešení vybrali nejpočetnější skupinu probandů, tj, tenistů ve věku 11-12 let.

Prvním krokem bylo sestavení fuzzy funkcí příslušnosti, které jsme určili na základě expertního posouzení a statistických podkladů. Pro hodnocení testů č. 3, 5, 6, 7

a 8 byla použita funkce typu L, pro testy č. 4 a 9 funkce typu  $\Gamma$  a pro hodnocení BMI, který ovšem není zahrnut do výsledného hodnocení, byla použita funkce typu  $\Pi$ .

Dalším krokem bylo vytvoření norem k novým testům a úprava norem pro testy shodné s testovou baterií TENDIAG2, vedle expertního posouzení jsme využily i hodnoty základních statistických charakteristik. Pomocí takto normovaných funkcí jsme z naměřených dat získali dílčí výsledky v jednotlivých testech, které v podobě koeficientů z intervalu  $< 0; 1>$  odpovídají příslušnosti k množině „výborný výsledek v daném testu“ a příslušný tím více, čím je koeficient bližší 1.

Konečným krokem je vyhodnocení výsledků celé testové baterie. Nastínili jsme dvě možnosti agregace, tj. slučování dílčích výsledků z testů do finálního výsledku. Pro ilustraci jsme vybraný soubor ohodnotili podle agregace A1, která je ve své podstatě aritmetickým průměrem dílčích výsledků v jednotlivých testech.

S ohledem na stanovené cíle můžeme vyslovit následující závěry:

1. Pro nové položky (testy) v testové baterii TENDIAG1 jsme vycházeli z principů fuzzy teorie a z expertního posouzení.
2. S využitím jednotlivých typů fuzzy funkcí příslušnosti jsme přistoupili ke konstrukci norem pro nové testy. Pro již dříve vytvořené funkce příslušnosti jsme upravili normy s ohledem na rozšíření výzkumného souboru. U funkcí typu L a  $\Gamma$  jsme stanovili dva hraniční body v bodech odpovídajícím hodnotám  $\bar{x} - s$  a  $\bar{x} + s$ , zatímco u funkce typu  $\Pi$  jsme potřebovali čtyři hodnoty – navíc ještě  $\bar{x} - 0,5s$  a  $\bar{x} + 0,5s$ .
3. Jednotlivým výsledkům z dílčích testů jsme přiřadili odpovídající stupně příslušnosti. U funkcí typu L a  $\Gamma$  leží otevřením intervalu  $(0;1)$  průměrně 70%, u testu s hodnotící funkcí typu  $\Pi$  je to 28%. Všechny tyto výsledky budou patřit do množiny „výborný výsledek v daném testu“ jen částečně a tím více, čím bude výsledek bližší hodnotě 1. Rozložení výsledků ukazuje na vhodnost volby norem.
4. Pomocí různých typů agregací pak můžeme sloučit výsledky z jednotlivých subtestů v celkové hodnocení. Použít můžeme jednak agregace, kde mají všechny subtesty stejnou míru významnosti, ale i agregace s různými vahami.

Pomocí software Nefrit-TENIS je možné výsledky získat mnohem rychleji a přehledněji, včetně nastavení různých typů agregací a následného srovnání výsledků.

## **8 SOUHRN**

Předkládaná práce pojednává o možnostech využití fuzzy teorie v diagnostice výkonnostních předpokladů sportovního výkonu na příkladu tenisu.

V úvodní teoretické části jsme v přehledu nastínili možnosti využití a potenciál fuzzy množin a poskytli stručný přehled základních vlastností fuzzy množin a jejich aplikací včetně softwareového systému Nefrit. Další kapitoly je věnovány problematice faktorů ovlivňujících sportovní výkon a diagnostice výkonnostních předpokladů ve sportu; v závěru kapitoly jsme se zaměřili na předpoklady a faktory, které ovlivňují sportovní výkon v tenise. Na základě zpracování dat pomocí fuzzy hodnotících



metod jsme vytvořili normy pro funkce příslušnosti k jednotlivým položkám testové baterie u různých věkových kategorií tenistů i tenistek. Jednotlivé funkce příslušnosti potom přiřadili k dílčímu hodnocení tenistů a tenistek v jednotlivých subtestech testové baterie TENDIAG1. Celkové vyhodnocení výsledků testové baterie je nastíněno pomocí dvou různých typu agregace.

Využití fuzzy teorie pro hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů umožňuje vyhnout se problémům, které souvisejí s použitím klasického pravděpodobnostního přístupu, a odstraňuje potíže s ostrými hranicemi hodnocení. Pomocí vhodných softwarových systémů (např. Nefrit-TENIS) je možno dosáhnout efektivnějšího a realitě více odpovídajícího zpracování a vyhodnocení výsledků diagnostiky výkonnostních předpokladů ve sportu.

## **9 SUMMARY**

The Master's Degree Thesis deals with fuzzy theory and its application in evaluation of performance preconditions of sports performance using the example of tennis.

The first chapters summarize potential utilization and options of fuzzy sets and provide a brief review of their basic attributes and applications, including the Nefrit software system. The next chapters identify factors in regards to sports performance and diagnostics of performance preconditions in sports and the final chapters are focused on abilities and factors that affect sport performance in tennis.

Based on the data obtained with fuzzy evaluation methods we created norms for membership functions on individual items of a test battery for various age categories of tennis players. The membership functions were then added to partial evaluations of the tennis players in individual subtests of the TENDIAG1 test battery. Complete evaluation of the test battery results is shown by two different types of aggregation.

Using fuzzy theory when examining a level of performance preconditions allows to avoid problems related to classical probability assessment and eliminates difficulties resulting from sharp boundary evaluation. Suitable software systems (e.g. Nefrit-TENIS) can more effectively and realistically process and evaluate results from diagnostics of performance preconditions in sports.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Cibulková, L. (2001). *Možnosti využití teorie fuzzy množin při hodnocení výkonnostních předpokladů v tenise*. Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Crespo, M. & Miley, D. (2001). *Tenisový trenérský manuál 2.stupně (pro vrcholové trenéry)*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Čelíkovský, S., Blahuš, P., Bunc, V., & Walter, J. (1990). *Analýza, teorie a matematické modely pohybových schopností*. Praha: Univerzita Karlova.

- Čelikovský, S., Blahuš, P., Chytrácková, J., & Měkota, K. (1990). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2009). *Výkon a trénink ve sportu*. Olympia Praha.
- Drösser, C. (1994). *Fuzzy Logik. Methodische Einführung in krauses Denken*. Reinbek: rororo
- Dynda, V. & Medek, J. (1997). *Nástroje pro vývoj fuzzy aplikací. Rešerše pro kurs Aplikace mikropočítačových systémů*. ([www.cs.felk.cvut.cz/~xmedekj](http://www.cs.felk.cvut.cz/~xmedekj) 15.3.1999).
- Filipčíč, A. & Filipčíč, T. (2005). *The relationship of tennis-specific motor abilities and the competition efficiency of young female tennis players*. In *Kinesiology*, Vol. 37, Issue 2, str. 164.
- Novák, V. (1990). *Fuzzy množiny a jejich plikace*. Praha: SNTL.
- Novák, V. (2002). *Základy fuzzy modelování*. Nakladatelství BEN - Technická literatura
- Novák, V., & Knybel, J. (2005). *Fuzzy modelování*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě.
- Nováková, I. (2001). *Fuzzy expertní systémy pro vícekritériální hodnocení variant*. Soutěžní práce SVČ. PřF, Univerzita Palackého v Olomouci
- Měkota, K. & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti, činnosti a výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého
- Měkota, K., Kovář, R., & Štěpnička, J. (1988). *Antropomotorika II* [Učební texty]. Praha: Státní pedagogické nakladatelství
- Měkota, K. & Novosad, J. (2004). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Vydavatelství UP.
- Půlpán, Z. (1992). *Základy informační analýzy didaktického nebo psychologického experimentu* [Učební texty]. Hradec Králové: Gaudeamus.
- Talašová, J. (2003). *Fuzzy metody vícekritériálního hodnocení a rozhodování*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Ye, J. (2010). Multicriteria fuzzy decision-making method using entropy weights-based correlation coefficients of interval-valued intuitionistic fuzzy sets. In *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 34, Issue 12, str. 3864-3870.

- Zio, E., Baraldi, P., & Popescu, C.I. (2008). A fuzzy decision tree for fault classification. In *Risk Analysis*, Vol. 28, No. 1.
- Zháněl, J. (2005). *Diagnostika výkonnostních předpokladů ve sportu ( a její praktické aplikace v tenise)*. Habilitační práce, Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci
- 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, J., Balaš, J., Trčka, D., & Shejbal, J. (2000). Diagnostika výkonnostních předpokladů v tenise. *Tenis*, 11(3), 18-19.
- Zimmermann, K., Schnabel, G., & Blume, D. (2002). Koordinative Fähigkeiten. In G. Ludwig & B. Ludwig (Eds.), *Koordinative Fähigkeiten – koordinative Kompetenz* (pp.25-33). Kassel: Universität Kassel.
- NEFRIT – Nástroj pro efektivní rozhodování na bázi IT: TENIS. Uživatelská příručka. TESCO, Olomouc 2000.

## 10 PŘÍLOHA

### 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 zkouší protočit natažené paže z předpažení do zapažení. Zkouší 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):

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

## 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 (běžecká) - rychlost běhu při změnách směru - „vějíř“

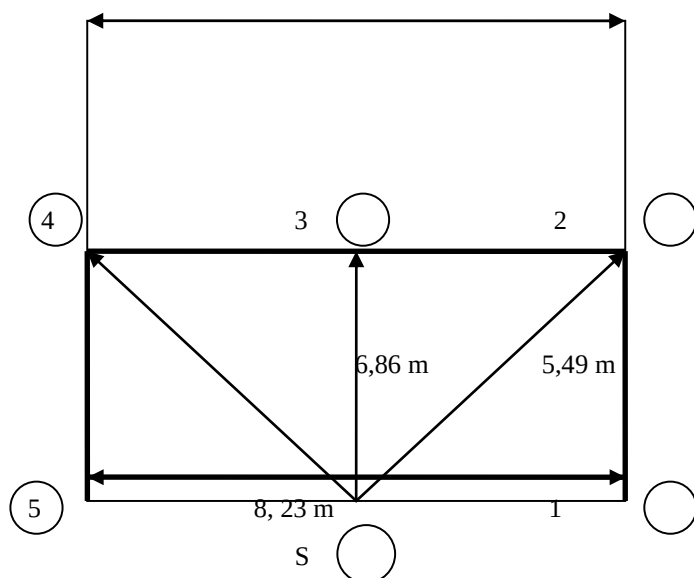
Test běžecké rychlosti na vzdálenost cca 55 m.

*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 čáře. 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.

Schéma:



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

Test specifické krátkodobé 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-ti dotecích a ohlašuje se hráči. Test se provádí pouze jednou.

### 6. Rychlost reakce (ruka) - reakce na vizuální podnět

Test rychlosti reakce ruky na vizuální podnět pomocí počítačového programu.

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

*Provedení*: diagnostické zařízení firmy FiTRONiC; testování pomocí programu FiTRO Reaction Check. 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 (noha) - reakce na vizuální podnět

Test rychlosti reakce nohy 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.