

# Aplikace fuzzy teorie v diagnostice výkonnostních předpokladů v tenisu

## Application of fuzzy theory in diagnosis of performance preconditions in tennis

Antonín Zderčík, Ondřej Hubáček, Jiří Zháněl

Fakulta sportovních studií, Masarykova univerzita Brno

### Abstrakt

Důležitým faktorem sportovního výkonu v tenisu je optimální kondiční úroveň sportovce. Diagnostika její úrovně je v praxi často realizována pomocí motorických testů či testových baterií, zjištěné výsledky jsou důležitým východiskem pro kontrolu, regulaci a plánování tréninkového procesu. K hodnocení výsledků testů jsou nejčastěji využívány testové normy sestavené na principu klasického pravděpodobnostního (diskrétního) přístupu. V posledním období se také v některých sportovních výzkumech objevují snahy o využití tzv. fuzzy přístupu, založeného na teorii fuzzy logiky, kterou vytvořil L. A. Zadeh. Cílem studie je prezentace principů vyhodnocení testových výsledků pomocí fuzzy přístupu a komparace s výsledky získanými pomocí klasického diskrétního přístupu. Prezentace obou přístupů hodnocení je dokumentována na výsledcích testování souboru českých tenistů ve věku 13–14 let ( $n = 211$ , výška  $170 \pm 8,9$  cm, hmotnost  $57,2 \pm 9,2$  kg), kteří se zúčastnili pravidelného testování Českého tenisového svazu v letech 2000–2015 pomocí testové baterie TENDIAG1. Pro ukázkou analýzy dat pomocí fuzzy přístupu byl využit software FuzzME. Míra shody hodnocení výsledků testů fuzzy s pravděpodobnostním přístupem byla věcně i statisticky významná ( $r = 0,94$ ). Posouzení věcné významnosti diferencí středních hodnot výsledků získaných oběma přístupy pomocí Cohenova  $d$  prokázalo malý věcně nevýznamný rozdíl ( $d = 0,36$ ). Přesto je zřejmé, že fuzzy hodnocení poskytuje možnost významné diferenciací výsledků jednotlivých tenistů. Zejména u výsledků hráčů, pohybujících se na hranicích hodnotících kategorií, umožňuje fuzzy přístup jemnější a přesnější rozlišení úrovně kondičních předpokladů.

**Klíčová slova:** diskrétní přístup, fuzzy množiny, software FuzzME, sportovní výkon, tenis

### Abstract

An important factor in sports performance in tennis is the optimal fitness level of the athlete. Diagnosis of its level is often done in practice by motor tests or tested batteries, the results found are an important starting point for control, regulation and planning of training. To test the test results, test standards based on classical probability (discrete) approach are most frequently used. Recently, some sporting research has also made attempts to use a so-called fuzzy approach, based on the theory of fuzzy logic created by L. A. Zadeh. The aim of the study is to present the principles of evaluation of test results using fuzzy approaches and to compare the results obtained using a classical discrete approach. Presentation of the two approaches of the evaluation is documented on the results of testing of sets of Czech tennis players aged 13–14 ( $n = 211$ , height  $170 \pm 8.9$  cm, weight  $57.2 \pm 9.2$  kg) who participated in regular testing of Czech tennis from 2000 to 2015 using the TENDIAG1 test battery. FuzzME software was used to demonstrate data analysis using fuzzy access. The degree of fuzzy and probability access was both materially and statistically significant ( $r = 0.94$ ). The assessment of the factual significance of differences in the mean values of the results obtained by both approaches using Cohen's  $d$  showed a small, factually insignificant difference ( $d = 0.36$ ). However, it is clear that fuzzy evaluation provides a significant differentiation of individual players' partial results. Especially in the results of players moving on the boundaries of rating categories, fuzzy access allows a more gentle and more precise resolution of the level of the conditions.

**Key words:** *discrete approach, fuzzy logic, FuzzME software, sports performance, test battery*

## ÚVOD

Sportovní výkon je považován za jeden ze základních pojmů věd o sportu, lze ho chápat jako vymezený systém prvků, mezi nimiž jsou určité interakce a který má určitou strukturu. Prvky systému se nazývají obvykle faktory, činitele, resp. indikátory; nejčastěji jsou uváděny faktory somatické, technické, kondiční, taktické, psychické, resp. také faktory vnějších podmínek (Dovalil et al., 2012; Hohmann, Lames & Letzelter, 2010). Na finálním sportovním výkonu se jednotlivé faktory v různých sportech podílejí různou mírou. Tenis se řadí mezi acyklické multistrukturální sporty, je charakterizován rychlým letem míče, výměnou míče mezi hráči a pohybem po kurtu se změnou směru. Hráči využívají širokou škálu úderů, což vyžaduje odpovídající úroveň technické a taktické vyspělosti (Filipčíč & Filipčíč, 2005). Faktory sportovního výkonu v tenisu bývají podle Schönborna (2008) členěny na faktory výkon limitující, resp. ovlivňující. Limitující faktory jsou považovány za velmi důležité, ale málo kompenzovatelné, což znamená, že pokud má tenista tyto faktory na nízké úrovni, vzniká pro něj výkonnostní bariéra, která se těžko překonává. Za takové faktory v tenisu považujeme všeobecné a specifické koordinační schopnosti (např. reakční, orientační, úderová technika), kondiční schopnosti (např. rychlost, výbušná síla) a psychické faktory. Naproti tomu faktory ovlivňující výkon jsou důležité, ale dají se kompenzovat jinými přednostmi. K těmto faktorům řadíme tělesné dispozice (např. tělesná výška a hmotnost) a některé kondiční faktory, např. vytrvalost, flexibilita, maximální síla (Ferrauti, Maier, & Weber, 2014; Zháněl, 2005). Fernandez-Fernandez, Ulbricht a Ferrauti (2014) uvádějí, že tenista k úspěšnému výkonu potřebuje komplexní interakci jak kondičních (síla, agilita), tak i metabolických (aerobních, anaerobních) složek ovlivňujících finální sportovní výkon. Efektivní trénink by měl proto být zaměřen na dosažení optimálního poměru mezi faktory kondice a techniky. Autoři Ulbricht, Fernandez-Fernandez a Ferrauti (2015) zdůrazňují, že moderní hra vyžaduje od hráčů optimální kombinaci rychlosti, agility, koordinace a střední až vysokou úroveň aerobní a anaerobní kapacity. Hráč, který má lepší kondici, má také lepší předpoklady na dosažení vysokého sportovního výkonu a výkonnosti (Crespo & Miley, 2003). V rámci dotazníkového šetření (Hubáček, 2016) bylo zjištěno, že čeští tenisoví trenéři považují za nejdůležitější kondiční předpoklady reakční rychlost nohou a rukou, sílu herní ruky a běžeckou rychlost. Diagnostika úrovně kondičních předpokladů hraje proto (nejen) v tenisu významnou roli, často je realizována pomocí motorických testů či testových baterií. Zjištěné výsledky jsou důležitým východiskem pro kontrolu, regulaci a plánování tréninkového procesu. V odborné literatuře lze nalézt celou řadu testových baterií pro diagnostiku výkonnostních předpokladů v tenisu. Pro potřeby Českého tenisového svazu (ČTS) byla vyvinuta testová baterie TENDIAG1 (Zháněl et al., 2000), vycházející z posouzení významu jednotlivých výkonnostních předpokladů. V posledních desetiletích se v nejrůznějších oborech uplatňuje teorie fuzzy logiky, kterou vytvořil L. A. Zadeh (1965). V praxi se nejčastěji pracuje s tzv. fuzzy regulátory, které jsou úspěšně využívány například v dopravě, ve strojírenství, resp. u spotřebního zboží (ledničky, pračky, mikrovlnné trouby). Fuzzy teorie nachází svoje uplatnění také v bankovníctví či energetice (Zio, Baraldi & Popescu, 2008). Některé aplikace využívají fuzzy teorie na rozpoznávání obrázků, resp. při rozhodovacích procesech, které závisí na více faktorech (tzv. vícekritériální rozhodování, Ye, 2010). Rozdíl mezi klasickou teorií množin a fuzzy teorií je především v hranicích mezi množinami. Klasická teorie množin pracuje s tzv. klasickou binární logikou, která je vystavěna na axiomech a pracuje s ostrými hranicemi mezi množinami. Například máme-li množinu  $X = \{1, 2, 3, 8, 10\}$ , pak 3 zcela jistě do množiny  $X$  patří, číslo 15 zcela jistě do množiny nepatří. Pojem fuzzy je obvykle chápán ve významu neostrý, neohraničený. V odborné literatuře je uvá-

děna řada příkladů, proč je vhodné použití fuzzy množin. Jedním z nich je tzv. antický paradox hromady: máme-li malou hromadu kamení a přidáme k ní jeden kámen, opět dostaneme malou hromadu. Podle této formulace by každá hromada kamení byla malá (Zadeh, 1965). Další příklad publikovali Zháněl, Lehnert a Černošek (2006) v souvislosti s pojmem „vysoký člověk“. Je-li jako „vysoký člověk“ označena osoba měřící 190 cm a více, potom osoba měřící 189 cm již za vysokou považována není (přestože rozdíl je pouhý 1 cm). S ohledem na poznatek, že tělesná výška se během dne mění až o 2 cm, může být člověk ráno považován za vysokého a odpoledne již ne. Jestliže pro uvedený příklad využijeme teorie fuzzy množin s neostrou hranicí, potom do množiny „vysokých lidí“ *jistě patří* ti, jejichž výška je 190 cm a více. Do této množiny *jistě nepatří* lidé, kteří měří 170 cm a méně. O zbytku populace, jehož výška je větší než 170 cm a menší než 190 cm, lze míru příslušnosti do množiny „vysokých lidí“ vyjádřit hodnotou z intervalu (0,1). V případě, že funkce příslušnosti bude mít lineární průběh, pak člověk vysoký 180 cm má příslušnost k množině „vysokých lidí“ 0,5, člověk vysoký 185 pak 0,75. Aplikace fuzzy teorie se v posledních letech uplatňují také ve sportu, jak uvádí Zháněl et al. (2006). V házené byla pomocí fuzzy množin posuzována interakce mezi útokem a obranou, principy fuzzy teorie byly využity rovněž při učení jízdy na kole, při posuzování úrovně techniky v lyžování či gymnastice, stejně jako u rychlobruslařů k analýze diagnostických dat. Hubáček, Zháněl a Polách aplikovali (2015) principy fuzzy teorie při posuzování úrovně výkonnostních předpokladů v tenisu. Diagnostikou talentu na základě posouzení morfologických charakteristik (výška, hmotnost a BMI s využitím expertního hodnocení a fuzzy přístupu se zabývali Rogulj, Papić a Čavala (2009), kteří vytvořili modely pro určení optimální úrovně výšky, hmotnosti a BMI pro různé sporty. Ivancević, Jovanović a Marković (2009) se zabývali modelováním sportovních situací v tenisu. Prezentovali tenisový model založený na fuzzy logice, který se skládal z fází útoku a protiútku. Bottoni, Gianfelici, Tamburri a Faina (2011) se pokoušeli identifikovat talent v triatlonu jinak, než většina triatlonových federací, tj. pomocí testu plavání a běhu. Nalezli nejdůležitější proměnné sportovního výkonu v olympijském triatlonu a na základě fuzzy logiky vytvořili model pro výběr talentů v této sportovní disciplíně. Noori a Sadeghi (2017) vytvořili model pomocí fuzzy logiky pro výběr talentů ve volejbalu založený na vážených kritériích, které byly výsledkem analyticko-hierarchického procesu členění antropometrických, biomechanických, psychologických, fyziologických a technických vlastností sportovců. Výběrem talentovaných fotbalistů a jejich vhodným zařazením do fotbalového družstva se zabývali Tavana, Azizi, Azizi a Behzadian (2013). Navrhovali dvoufázový proces, kde v první fázi dochází k výběru nejlepších hráčů na základě fuzzy hodnocení, v druhé fázi se vyhodnocuje nejlepší kombinace vybraných hráčů k utvoření družstva. Také Zeng a Li (2014) aplikovali fuzzy teorii množin ve fotbale. Na základě výsledků ze zápasů fotbalových družstev vytvořili matici pro hodnocení jednotlivých týmů a pro porovnání týmů mezi sebou. Couceiro et al. (2014) navrhli novou metodiku hodnocení hráčů golfu pomocí fuzzy logiky. Navrhovaný model se nezaměřoval pouze na to, kolika ranami hráč dostane míček do jamky, ale bral v úvahu i další parametry, které ovlivňují golfový výkon.

Jak je zřejmé ze syntézy poznatků, antropometrické a kondiční faktory sportovního výkonu hrají v tenisu důležitou roli. Výzkumný záměr spočívá v prezentaci možností využití fuzzy přístupu při hodnocení výsledků tenistů v testové baterii TENDIAG1 a v komparaci hodnocení získaných prostřednictvím pravděpodobnostního a fuzzy přístupu.

## METODIKA

V souladu s výzkumným záměrem a syntézou poznatků jsme formulovali tři výzkumné otázky zaměřené na posouzení úrovně výsledků testové baterie TENDIAG1 souboru tenistů ve věku 13–14 let:

- 1) Jak lze hodnotit úroveň výkonnostních předpokladů s využitím diskrétního přístupu?
- 2) Jak lze hodnotit úroveň výkonnostních předpokladů pomocí fuzzy přístupu?
- 3) Lze prokázat významné rozdíly mezi výsledky hodnocení výkonnostních předpokladů pomocí diskrétního přístupu, resp. fuzzy přístupu?

Výzkumný soubor byl tvořen tenisty ve věkové kategorii 13–14 let, soubor lze označit jako záměrný výběr, neboť se jednalo o členy Tréninkových středisek mládeže Českého tenisového svazu ( $n=211$ , věk  $M = 13,9 \pm 0,58$ , výška  $M = 170 \pm 8,9$  cm, hmotnost  $M = 57,2 \pm 9,2$  kg), kteří se zúčastnili v letech 2000–2015 pravidelného testování střediskových hráčů. Výzkumná data byla získána pomocí standardizované testové baterie TENDIAG1, vytvořené v roce 2000 (Zháněl et al., 2000) na základě rozsáhlé literární rešerše již existujících testových baterií a ve spolupráci s tenisovými experty a trenéry. Testová baterie TENDIAG1 obsahuje celkem 9 testových položek, které jsou členěny do 3 oblastí. Oblast tělesných předpokladů zahrnuje měření a výpočet antropometrických charakteristik (tělesná výška a hmotnost, BMI, na základě výsledků faktorové analýzy sem byla zařazena i pohyblivost v ramenních kloubech). Oblasti kondičních schopností (síla herní ruky, běžecká rychlost, střednědobá vytrvalost) a koordinačních schopností (rychlost reakce rukou, nohou a pohyblivost trupu) jsou diagnostikovány pomocí tenisově-specifických motorických testů (terénních i laboratorních) vybraných na základě uvedené literární rešerše. Výstupem testové baterie je bodové hodnocení jak jednotlivých položek, tak celkový bodový výsledek získaný v testové baterii. Položky z oblasti tělesných předpokladů (1–3) mají informativní charakter, nejsou bodově hodnoceny a nejsou součástí celkového skóre testové baterie. Výsledné skóre testové baterie je dáno prostým součtem bodů získaných v testových položkách z kondiční (č. 4–6) a koordinační (č. 7–9) oblasti. Výkonnostní normy testové baterie TENDIAG1 byly vytvořeny jako třístupňové s využitím hodnotících kategorií nízká (0 bodů), střední (1 bod) a vysoká (2 body) úroveň. Normy byly vytvořeny na principu klasického diskrétního přístupu s využitím výpočtu základních statistických charakteristik ( $M$  a  $s$ ) pro jednotlivé věkové kategorie tenistů a tenistek. Celkový bodový zisk v testové baterii TENDIAG1 se pohybuje v intervalu 0 až 12 bodů (z 6 bodovaných testových položek). Normy byly zpracovány pouze z výsledků tenistů a tenistek testovaných v letech 2000–2015 a reprezentují výkonnostní úroveň selektované, sportovně specifické skupiny. Trenérům, resp. sportovcům jsou aktuální výsledky testové baterie předkládány jak v podobě výzkumné zprávy (komentované tabulky dílčích a celkových výsledků), tak i v podobě grafického znázornění (tzv. individuální testový profil). Z individuálního testového profilu může trenér či sportovec poměrně snadno odvodit závěry o přednostech a nedostatcích v jednotlivých testových položkách, resp. v celkové úrovni kondičně-koordinačních výkonnostních předpokladů.

**Tab. 1:** Testová baterie TENDIAG1

I. Oblast tělesných předpokladů	Jednotka
1. Tělesná výška (a měření hmotnosti pro výpočet BMI)	[m][kg]
2. Body Mass Index	[index]
3. Pohyblivost v ramenních kloubech	[index]

<b>II. Oblast kondičních schopností</b>	
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]
<b>III. Oblast koordinačních schopností</b>	
7. Rychlost reakce (typu ruka-oko na vizuální podnět)	[s]
8. Rychlost reakce (typu noha-oko na vizuální podnět)	[s]
9. Pohyblivost trupu	[počet]

Výzkumná data získaná prostřednictvím testové baterie mají charakter fyzikálních veličin, resp. bezrozměrných veličin indexového typu. Normalita rozložení dat byla testována u všech proměnných pomocí Kolmogorov-Smirnov testu (K-S test). Závislosti mezi proměnnými byly zjišťovány pomocí výpočtu korelačního koeficientu, statistická významnost diferencí středních hodnot byla posouzena pomocí Studentova t-testu, věcná významnost byla posouzena pomocí Cohenova d (Cohen, 1992). Data byla zpracována pomocí softwaru MS Excel a Statistica 10. Pro konstrukci fuzzy hodnoticích funkcí byl využit software FuzzME, vyvinutý na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci.

## VÝSLEDKY

Přehled základních statistických charakteristik souboru tenistů (n = 211) ve věkové kategorii 13–14 let je prezentován v tabulce 2.

**Tab. 2:** Přehled základních statistických charakteristik (n = 211)

Položka	M	SD	Min	Max	K-S test	Liliefors
Věk	13,9	0,58	13,0	14,9	p > 0,20	p < 0,01
Výška	170,34	8,96	148,0	192,0	p > 0,20	p < 0,01
Hmotnost	57,23	9,25	33,2	83,9	p > 0,20	p > 0,20
T1 [kp]	34,61	7,41	18,80	53,30	p > 0,20	p > 0,05
T2 [s]	13,96	0,77	12,40	15,93	p < 0,20	p < 0,05
T3 [s]	144,45	7,58	126,45	169,00	p > 0,20	p > 0,20
T4 [s]	0,50	0,06	0,38	0,70	p < 0,20	p < 0,01
T5 [s]	0,39	0,04	0,30	0,51	p < 0,20	p < 0,01
T6 [počet]	42,31	3,90	33,00	54,00	p < 0,20	p < 0,01

Vysvětlivky: M = aritmetický průměr; SD = směrodatná odchylka; Min = minimální hodnota; Max = maximální hodnota; K-S test = Kolmogorov-Smirnov test; T1 = síla herní ruky; T2 = rychlost běžecká; T3 = vytrvalost střednědobá; T4 = rychlost reakce rukou; T5 = rychlost reakce nohou; T6 = pohyblivost trupu

## PRÁVDĚPODOBNOSTNÍ PŘÍSTUP

Při bodovém hodnocení výsledků jednotlivých testů s využitím pravděpodobnostního (diskrétního) přístupu získá testovaná osoba v každé testové poloze počet bodů z množiny {0, 1, 2}, přičemž 0 bodů označuje nízkou úroveň, 1 bod střední úroveň, 2 body vysokou úroveň výkonu. Celkem tedy může sportovec ze šesti bodovaných testů získat hodnocení na škále 0–12 bodů. K převodu hrubého skóre (výsledky testů) na bodové hodnocení jsme použili výpočet pomocí softwaru

TENPROG (Zedník & Zháněl, in Zháněl, 2005) vytvořeného v Microsoft Excel. Ukázka výpočtu bodového hodnocení dílčích testových položek vybraných probandů z výzkumného souboru je uvedena v tabulce 3.

**Tab. 3:** Příklad převodu výsledků jednotlivých testových položek na bodové hodnocení

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

## FUZZY PŘÍSTUP

Při využití fuzzy přístupu musíme v prvním kroku zvolit odpovídající funkci příslušnosti pro každý test z testové baterie TENDIAG1. Pro testy, ve kterých s rostoucí dosaženou hodnotou roste i hrubé skóre, se používá funkce typu S. V testech, ve kterých s rostoucí dosaženou hodnotou hrubé skóre klesá, se používá funkce typu Z (Talašová, 2000; Zháněl, 2005). Obě tyto funkce příslušnosti mají dva body zlomu, které dělí funkci na tři intervaly výkonnostních úrovní.

**Tab. 4:** Přehled použitých funkcí příslušnosti pro jednotlivé testy

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

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

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

K vybudování předpisu Z funkce příslušnosti využijeme označení  $v_i$  z předchozí definice. Jako  $c_i$  označíme hodnotu, která je v testu číslo  $i$  absolutně vyhovující a odpovídá hodnotě M-SD. Jako

$d_i$  označíme hodnotu, která je v testu číslo i absolutně nevyhovující. Obecně lze tedy definovat Z funkci příslušnosti takto:

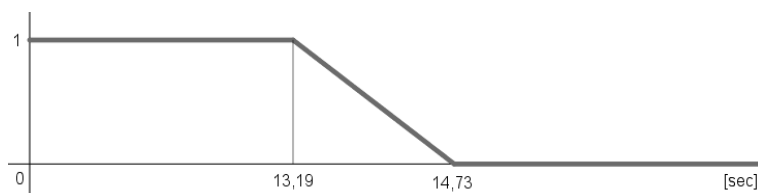
$$A(v_i, d_i, c_i) = \begin{cases} 1 & \text{prov}_i \leq c_i \\ \frac{d_i - v_i}{d_i - c_i} & \text{proc}_i < v_i < d_i \\ 0 & \text{prov}_i \geq d_i \end{cases}$$

V následující tabulce jsou uvedeny střední úrovně pro jednotlivé testy testové baterie TENDIAG1 pro náš výzkumný soubor tenistů ve věku 13–14 let vycházející z analýzy testových výsledků v letech 2000–2015.

**Tab. 5:** Testové položky baterie TENDIAG1 a normy pro věk 13–14 let (tenisté)

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

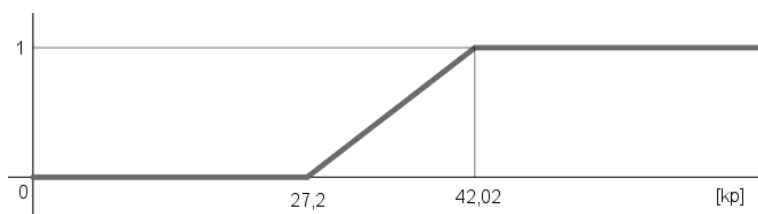
Funkce příslušnosti pro testy T2, T3, T4 a T5 testové baterie TENDIAG1 jsou typu Z. Každá tato funkce příslušnosti je na intervalu střední úrovně lineárně klesající se zvyšujícím se časem, tzn. čím delší čas, tím horší výsledek rychlosti/vytrvalosti. Pod spodní i nad horní hranicí intervalu střední úrovně je funkce příslušnosti konstantní. Na obrázku 1 lze vidět funkci příslušnosti typu Z pro test T2 běžecká rychlost.



**Obr. 1** Funkce příslušnosti pro test T2 testové baterie TENDIAG1

Funkce příslušnosti pro testy T1 a T6 testové baterie TENDIAG1 jsou typu S. Funkce příslušnosti typu S je na intervalu střední úrovně lineárně rostoucí, tzn. čím vyšší je celkový výkon, tím vyšší je stupeň příslušnosti. Funkce nad horní hranicí střední úrovně již dále neroste, ale je konstantní. Stejně tak je konstantní pod spodní hranicí střední úrovně.

Na obrázku 2 můžeme vidět funkci příslušnosti typu S pro test T1 síla herní ruky.



**Obr. 2** Funkce příslušnosti pro test T1 testové baterie TENDIAG1

Hodnocení jednotlivých testů a celkového hodnocení se provádělo pomocí softwaru FuzzME.

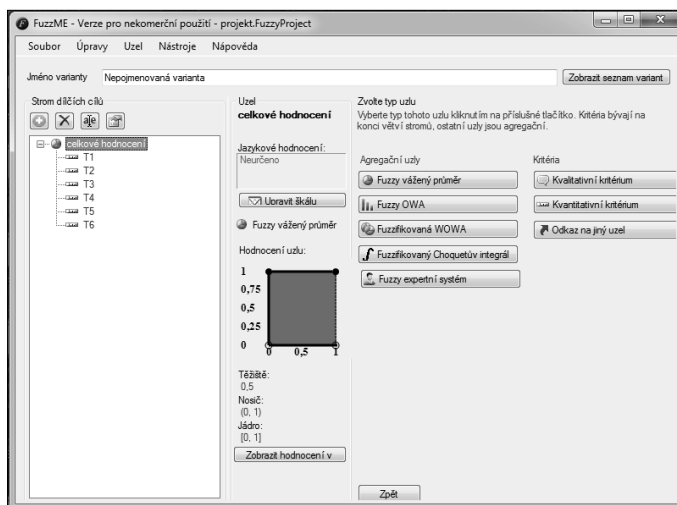
V tabulce 6 jsou vidět výsledky jednotlivých subtestů a celkového hodnocení vybraných tenistů (13–14 let).

**Tab. 6:** FuzzME hodnocení jednotlivých subtestů vybraných tenistů (13–14 let)

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

## VÝPOČET STUPNĚ PŘÍSLUŠNOSTI POMOCÍ SOFTWARE FUZZME

Při určení stupně příslušnosti pomocí softwaru FuzzME jsme ze všeho nejdříve museli sestavit strom dílčích cílů. Strom dílčích cílů se skládá z hlavních uzlů a jejich poduzlů. V našem případě jsme měli jeden hlavní uzel, a tím bylo celkové hodnocení. Hlavní uzel měl šest poduzlů. Poduzly tvořily jednotlivé položky testové baterie TENDIAG I. V dalším kroku bylo nutné stanovit kritéria jednotlivých poduzlů, zda jsou kvalitativního či kvantitativního rázu. U všech testů se jednalo o kvantitativní kritéria. Dalším krokem bylo nastavení vah. Jelikož všechny testy byly pro celkové hodnocení stejně důležité, jednalo se o normované váhy stanovené aritmetickým průměrem. Na obrázku 3 je vidět sestavený strom dílčích cílů v softwaru FuzzME.



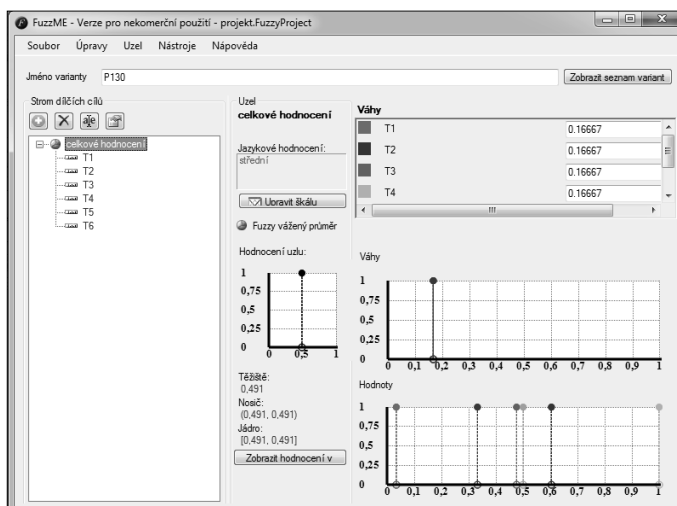
**Obr. 3** Strom dílčích cílů v softwaru FuzzME

U každého poduzlu bylo nutné určit typ hodnotící funkce příslušnosti (klesající, rostoucí), obor hodnot kritérií, začátek intervalu přijatelných hodnot a nejmenší zcela vyhovující hodnotu. Při jednotlivých hodnotících funkcích příslušnosti bylo také třeba určit intervaly tak, abychom byli schopni do nich bezpečně zařadit všechny naměřené výsledky z jednotlivých položek testové ba-



terie TENDIAG1, tzn. hranice byla buď maximum z naměřených hodnot, nebo taková hodnota, které by proband nikdy nedosáhl.

Poté jsme mohli začít vyhodnocovat jednotlivé tenisty. Naměřená data jsme importovali ze softwaru Microsoft Excel ve formátu csv. Po importu těchto dat software FuzzME automaticky přiřadil všem probandům odpovídající stupeň příslušnosti.



**Obr. 4** Hodnocení probanda 130 v softwaru FuzzME

Na obrázku 4 můžeme vidět příklad hodnocení probanda č. 130. V levé části vidíme strom dílčích cílů. U každého probanda se můžeme podívat na jeho celkové hodnocení nebo na hodnocení jeho výkonu v jednotlivých testech. V pravé části nahoře se nachází jednotlivé položky testové baterie TENDIAG1, které jsou barevně rozlišeny. U každé položky je též její váha. Jelikož se jedná o normované váhy, mají všechny položky přiřazenou stejnou hodnotu 0,17. V pravé části uprostřed se nachází graf pro váhy. Jelikož se jedná o normované váhy, tak všechny váhy splývají. Pod tímto grafem můžeme porovnat výsledky probanda v jednotlivých testech. Můžeme zde snadno vidět, ve kterých testech byl proband úspěšný více a ve kterých méně. V našem případě u probanda č. 130 vidíme, že v testu T4 dosáhl hodnocení 1, ale v testu T1 se jeho výkon blíží téměř hodnocení 0. Celkové hodnocení probanda lze vidět uprostřed. Je vyjádřeno slovně dle zadané úrovně, graficky na škále od 0 do 1 podle pravidel fuzzy logiky a číselně jako těžiště na škále od 0 do 1. U probanda č. 130 tedy vidíme, že dosáhl střední úrovně s těžištěm 0,49.

## POROVNÁNÍ PRAVDĚPODOBNOSTNÍHO PŘÍSTUPU A FUZZY PŘÍSTUPU

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

V tabulce 7 je porovnání výsledků, které jsme získali pomocí pravděpodobnostního přístupu, s výsledky, které jsme získali fuzzy přístupem. Diference mezi oběma přístupy je v posledním sloupci. Jak je vidět, diference může být buď kladná nebo záporná. Jestliže je diference záporná, znamená to, že proband dosáhl lepšího výsledku při použití pravděpodobnostního přístupu.

Jestliže je diference kladná, znamená to, že proband dosáhl lepšího výsledku při použití fuzzy přístupu. Pokud by byla diference nulová, znamenalo by to, že proband dosáhl stejného hodnocení oběma přístupy.

**Tab. 7:** Srovnání bodového hodnocení a fuzzy hodnocení

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

Závislost mezi výsledky hodnocení pomocí pravděpodobnostního přístupu a fuzzy přístupu u souboru tenistů 13–14 let ( $n=211$ ) vyjádřená hodnotou Pearsonova korelačního koeficientu ( $r=0,94$ ) je věcně i statisticky významná ( $p=0,05$ ), jedná se tedy o velkou sílu asociace (Hendl, 2009). Věcná významnost rozdílu středních hodnot byla posouzena (s ohledem na záměrný výběr probandů) pomocí Cohena  $d$ , zjištěná hodnota  $d=0,36$  (small) prokázala malý rozdíl mezi oběma přístupy. Lze konstatovat, že výsledky hodnocení souboru tenistů oběma přístupy se významně neliší.

## DISKUZE

Problematikou využití fuzzy přístupu při hodnocení úrovně výsledků v testové baterii TENDIAG 1 a v komparaci hodnocení získaných prostřednictvím pravděpodobnostního a fuzzy přístupu se zabýval také Hubáček (2016) u souboru tenistů ( $n=222$ ) ve věkové kategorii 11–12 let. Ve zkoumané věkové kategorii 13–14 let ( $n=211$ ) jsme v souladu s metodikou Hubáčka (2016) použili obdobné hodnotící funkce příslušnosti, bylo však potřeba změnit hraniční body, aby odpovídaly výzkumným datům. Váhy jednotlivých testů byly stanoveny jako rovnocenné, stejně jako při výzkumu Hubáčka (2016) nebyly zjištěny rozdíly ve velikosti závislosti mezi výsledky získanými fuzzy, resp. pravděpodobnostním přístupem (naše studie  $r=0,94$ , Hubáček, 2016,  $r=0,92$ ). Rovněž Dvořáková (2017) prováděla komparaci výsledků pravděpodobnostního a fuzzy hodnocení u souboru tenistek ve věku 11–12 let a prokázala statisticky významnou korelaci mezi oběma přístupy ( $r=0,87$ ). Výzkum Hubáčka, Zháněla a Polácha (2015) u souboru tenistů ve věku 11–12 let ( $n=88$ ) prokázal rozdílnou míru závislosti výsledků hodnocení pomocí pravděpodobnostního a fuzzy hodnocení u tenistů, kteří dosáhli v dílčích testech „hraničního výkonu“, tzn. jejich výkon se číselně nachází blízko hraničního bodu další výkonnostní třídy. Pro podskupinu hráčů se ziskem 3–5 bodů byla zjištěna závislost  $r=0,68$ , u podskupiny hráčů se ziskem 7–9 bodů pak  $r=0,65$ , tedy hodnoty výrazně nižší. Tato zjištění podporují předpoklad, že fuzzy přístup umožňuje jemnější a přesnější rozlišení úrovně kondičních předpokladů. V odborné literatuře jsou uváděny rovněž příklady využití expertně posouzených rozdílných vah, a to například v medicíně (Das, Chowdhury & Saha, 2012), biomechanice (Vitecková, Kutilek, Kauler & Svoboda, 2014) i ve sportu (Papič, Rogulj & Pleština, 2008; Hubáček, 2016), které mohou být dalším výzkumným směrem. Hodnocení

na principu fuzzy logiky umožňují software (NEFRIT, FuzzME), které byly využity pro hodnocení výsledků testové baterie TENDIAG2 v tenisu (Zháněl et al., 2006). Příklady využití novějšího programu FuzzME (Fuzzy models of Multi-criteria Evaluation), který byl vyvinut na UP v Olomouci, jsou uvedeny ve výsledkové části. Výhodou software FuzzME je, že se neomezuje jen na metodu váženého průměru, ale využívá k agregaci i další operátory (Holeček & Talašová, 2010).

## ZÁVĚRY

V části zabývající se využitím metody pravděpodobnostního (diskrétního) přístupu při hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenisu byl prezentován způsob hodnocení založený na posuzování pomocí výkonnostních norem vytvořených s využitím výpočtu základních statistických charakteristik (M a SD) pro jednotlivé věkové kategorie.

V další části byly podrobně prezentovány možnosti a principy hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů pomocí fuzzy přístupu. V dílčích krocích bylo provedeno zdůvodnění funkcí příslušnosti typu S, resp. typu Z, a popsán postup při hodnocení jednotlivých testů a celkového hodnocení výsledků testové baterie. Na konkrétních příkladech byl prezentován způsob výpočtu stupně příslušnosti a hodnocení výsledků souboru tenistů s využitím softwaru FuzzME.

Při komparaci výsledků hodnocení pomocí diskrétního přístupu, resp. fuzzy přístupu, byla prokázána významná závislost ( $r=0,97$ ) mezi hodnocením oběma přístupy. Posouzení věcné významnosti difference středních hodnot celkového hodnocení s využitím obou přístupů pomocí Cohena  $d$  neprokázalo významný rozdíl ( $d=0,36$ ).

*Tato publikace vznikla na Masarykově univerzitě jako součást projektu „Diagnostika úrovně sportovně specifických motorických předpokladů v kontextu vlivu věku, somatických, genderových aspektů a lateralit ve sportu“ číslo MUNI/A/1087/2017 s podporou grantu pro specifické univerzitní výzkumy, který poskytuje Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v roce 2018. Etická komise Masarykovy univerzity pro výzkum posoudila návrh výše specifikovaného výzkumného projektu a dne 21. 12. 2017 jej schválila k řešení.*

## Reference

- Bottoni, A., Giafelici, A., Tamburri, R., & Faina, M. (2011). Talent selection criteria for olympic distance triathlon. *Journal of Human Sport & Exercise*, 6(2), 293–304.
- Couceiro, M., Martins, F., Clement, F., Dias, G., & Mendes, R. (2014). On fuzzy approach for the evaluation of golf players. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 8(01), 86–99.
- Crespo, M., & Miley, D. (2003). *Tenisový trénerský manuál 2. stupně (pro vrcholové trenéry)*. (Zlesák F., Zlesák J., Dušek I., Zháněl J., Čermák J., Trans.). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Das, S., Chowdhury, S. R., & Saha, H. (2012). Accuracy Enhancement in a Fuzzy Expert Decision Making System Through Appropriate Determination of Membership Functions and Its Application in a Medical Diagnostic Decision Making System. *Journal of Medical Systems*, 36 (3), 1607–1620.
- Doválil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2012). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dvořáková, M. (2017). *Možnosti využití fuzzy teorie pro hodnocení výkonnostních předpokladů ve sportu*. Magisterská práce, Olomouc: Univerzita Palackého.
- Ferrauti, A., Maier, P., & Weber. (2014). *Handbuch für Tennistraining*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2014). Fitness testing of tennis players: How valuable is it? *British Journal of Sports Medicine*, 48, 22–31.
- Filipčič, A., & Filipčič, T. (2005). The relationship of tennis-specific motor abilities and the competition efficiency of young female tennis players. *Kinesiology*, 37 (2), 164–172.
- Hendl, J. (2009). *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku* (T. Studený, Trans.). Prostějov: Sport a věda.

- Hubáček, O. (2016). *Využití fuzzy teorie pro hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenise*. Disertační práce, Olomouc: Univerzita Palackého.
- Hubáček, O., Zháněl, J. & Polách, M. (2015). Comparison of probabilistic and fuzzy approach to evaluating condition performance level in tennis. *Kinesiology Slovenica Journal*, 21(1), 26–36.
- Ivancević, T., Jovanović, B., & Marković, S. (2010). Fuzzy Control Strategies in Human Operator and Sport Modeling. *Fuzzy Information and Engineering*, 2, 157–186.
- Noori, M, & Sadeghi, H. (2017). Designing smart model in volleyball talent identification via fuzzy logic based on main and weighted criteria resulted from the analytic hierarchy process. *Journal of Advanced Sport Technology*, 1(2), 16–24.
- Papić, V., Rogulj, N., & Pleština V. (2008). Identification of sport talents using a web-oriented expert system with a fuzzy module. *Expert Systems with Applications*, 36 (5), 8830–8838.
- Rogulj, N., Papić, V., & Čavala, M. (2009). Evaluation Models of Some Morphological Characteristics for Talent Scouting in Sport. *Coll. Antropol.*, 33 (1), 105–110.
- Schönborn, R. (2008). *Optimální tenisový trénink*. (T. Studený, Trans.). Olomouc: doc. RNDr. Jiří Zháněl, Dr. (Originál vydán 2006).
- Talašová, J. (2000). NEFRIT – Multicriteria decision making based on fuzzy approach. *CEJOR*, 8, 297–319.
- Holeček, P., & Talašová, J. (2010). FuzzME: A new software for multiple-criteria fuzzy evaluation. *Acta Universitatis Matthiae Belii ser. Mathematica*, 16, 35–51.
- Tavana, M., Azizi, F., Azizi, F., & Behzadian, M. (2013). A fuzzy inference system with application to player selection and team formation in multi-player sports. *Sport Management Review*, 16(2013), 97–110.
- Ulbricht, A., Fernández-Fernández, J., & Ferrauti, A. (2015). The German Physical Condition Tennis Testing Program: Measurements and Implications for Training. *Journal of Medicine Science in Tennis*, 20 (1), 6–16.
- Viteckova, S., Kutilek, P., Kauler, J., & Svoboda, Z. (2014). Fuzzy Expert System for Determining the Human Gait Phase. *2014 International Conference on Applied Electronics*, 315–318.
- Ye, J. (2010). Multicriteria fuzzy decision-making method using entropy weights-based correlation coefficients of interval-valued intuitionistic fuzzy sets. In *Applied Mathematical Modelling*, 34 (12), 3864–3870.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy-Sets. *Inform and Control*, 8, 338–353.
- Zeng, W., Li, J. (2014). Fuzzy Logic and Its Application in Football Team Ranking. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Zháněl, J. (2005). *Diagnostika výkonnostních předpokladů ve sportu a její aplikace v tenise*. Habilitační práce, Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Zháněl, J., Balaš, J., Trčka, D., & Shejbal, J. (2000). Diagnostika výkonnostních předpokladů v tenise. *Tenis*, 11(3), 18–19.
- 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.
- Zio, E., Baraldi, P., & Popescu, C. I. (2008). A fuzzy decision tree for fault classification. *Risk Analysis*, 28(1), 49–67.

### Korespondující autor:

Mgr. Antonín Zderčík

FSpS MU Brno

e-mail: a.zdercik92@gmail.com