

## PODPORA ROZHODOVÁNÍ PŘI OBCHODOVÁNÍ V SYSTÉMU FOREX

**Miroslav Pokorný, Zdeňka Krišová, Jarmila Zimmermannová,  
Jan Závodný-Pospíšil, Jan Lavrincík, Vratislava Mošová, Veronika Říhová**

Moravská vysoká škola Olomouc, tř. Kosmonautů 1, Czech Republic  
miroslav.pokorny@mvso.cz, zdenka.krisova@mvso.cz,  
jarmila.zimmermannova@mvso.cz, jan.pospisil@mvso.cz, jan.lavrincik@mvso.cz,  
vratislava.mosova@mvso.cz, veronika.rihova@mvso.cz

### **Abstrakt:**

Systém FOREX je celosvětovou platformou pro obchodování s měnovými páry. Úspěšné obchodování závisí na dobré informovanosti obchodníků a na jejich zkušenosti a odhadu vývoje situace. Článek je věnován syntéze počítačových programů úloh predikce hodnot a trendu kurzu měnových párů, analýze stavu a vývoje svícových grafů a vyvození doporučení pro aktivitu obchodníka. Další část je věnována softwaru pro stanovení charakteristik potencionálního obchodního partnera. Pro podporu rozhodování jsou využity jak modely matematické, tak jazykové modely fuzzy-logické.

### **Abstract:**

The FOREX system is a worldwide currency trading platform. Successful trading depends on good traders' awareness and experience and estimation of the situation. The paper deals with the synthesis of computer programs for the prediction of values and the trend of currency exchange rate trends, the analysis of the status and development of candlestick charts, and the recommendations for the trader's activity. The next section is devoted to software to determine the characteristics of a potential business partner. Both mathematical and fuzzy-logic models are used to support decision-making.

### **Klíčová slova:**

Forex, obchodování s měnovými páry, svícový graf, XY spojnicový graf, numerický matematický model, jazykový pravidlový model, fuzzy-logika, expertní systém.

### **Key Words:**

FOREX, currency pairs trading, candlestick chart, XY-chart parameters, numerical mathematical model, language rule model, fuzzy-logic, expert system.

## **1 Úvod**

Systém FOREX je celosvětová platforma pro obchodování na burze s měnovými páry [1]. Úspěšné obchodování závisí na dobré informovanosti obchodníků, na jejich zkušenosti a odhadu vývoje situace. Na MVŠO byl navržen programový systém FORSUPP (FORex SUPPort), jehož moduly jsou určeny k počítačovému řešení rozhodovacích úloh, které obchodník při obchodování řeší [2].

Celý systém je navržen s maximálním uplatněním umělo-inteligentních přístupů, jmenovitě nenumerického jazykového modelování a fuzzy-logického rozhodování.

První část systému je určena pro off-line přípravu plánu obchodování a druhá on-line je určena pro aktualizaci plánu v průběhu obchodování. Off-line část vyhodnocuje vývoj kurzů měnových párů

a vyvozuje doporučení pro obchodování, v němž jsou zahrnuta hlediska aktuálního makroekonomického vývoje, finančního vývoje a vlivu cizoměnových intervencí. V off-line režimu je dále hodnocena rizikovost předpokládaných klientů, a to nejen z hlediska podnikatelského, ale také z hlediska zákonných povinností a omezení, sankčních opatření a transparentnosti aktivit obchodujícího. On-line část reaguje operativně na vývoj podmínek pro obchodování na základě analýzy dynamiky svícových grafů. Doporučení pro obchodování je vyvozováno z dynamiky parametrů dominantní svíce a vlastností spojnicových grafů měnových párů [1].

## 2 Systém FORSUPP

Systém obsahuje matematické výpočetní bloky přípravy dat (jejich jména začínají písmenem M) a fuzzy-logické bloky rozhodovací (s prvním písmenem jména F).

První část systému (subsystémy SKMP a SRKL) je inicializována v režimu off-line a slouží k informaci a orientaci obchodníka přede dnem zahájení obchodování. Tuto část využívá obchodník ve fázi své předběžné přípravy (plánování) obchodování na burze. Jednotlivé bloky provádějí (na základě časové řady minulých hodnot) predikci vývoje kurzu pro 10 vybraných měnových párů. Predikční horizont v řádu dní je dán plánovaným dnem vlastního obchodování (7-6 dní).

Pro zvolený měnový pár je v subsystému SKMP predikována hodnota jeho kurzu a trend kurzu v den zahájení obchodování [2]. Tyto informace jsou vypočítány pro  $K$ -vybraných měnových párů. Výstupem jsou uspořádané seznamy hodnot kurzů měnových párů, uspořádaný seznam trendů měnových párů a uspořádaný seznam ohodnocovacích kritérií měnových párů. Výstupem je rovněž doporučení pro návrh aktivity obchodníka.

V této fázi přípravy programu obchodování provádí dále subsystém SRKL vyhodnocení rizikosti eventuálních klientů. Pro zvolený typ klienta (fyzická osoba, výrobní podnik, banka) je stanovena jeho rizikovost.

Druhá část systému (subsystém SSVG) je inicializována v režimu on-line a slouží k informaci obchodníka v průběhu obchodování. Sleduje aktuální stav vývoje podmínek obchodování se vzorkovací periodou cca 60 min. Subsystém vyhodnocuje průběžně dynamiku vývoje struktury a parametrů svícového grafu, XY-spojnicových grafů a vývoj relevantních vzájemných parametrů měnových párů. Pro vybraný měnový pár resp. dvojici měnových párů je průběžně vyvozováno aktuální doporučení aktivity v průběhu obchodování [3], [4].

Systém FORSUPP má hierarchickou strukturu matematických a fuzzy logických modulů, které jsou navrženy jako autonomní a otevřené dalším úpravám nebo rozšířením. V dalších kapitolách jsou popsány struktury a funkce jeho jednotlivých subsystémů. Popisy struktur pravidlových modelů a dokumentace jejich simulačních rb-souborů neuvádějí tvary IF-THEN pravidel znalostních bází. Důvodem je uchování know-how řešení. Ve fázi testování matematických a fuzzy-logických modelů v etapě roku 2018 může dojít k jejich dalším úpravám. Podrobný popis struktur a vazeb systému FORSUPP je uveden v [2], [5].

### 2.1 SKMP – Subsystém predikce hodnoty a trendu vývoje kurzu vybraných měnových párů

Schéma subsystému SKMP je uvedeno na Obr. 1. Primárními vstupními informacemi pro subsystém SKMP jsou hodnoty dat časové řady vývoje kurzu měnového páru, z nichž je určena predikovaná hodnota kurzu a jeho trendu (matematický model MPVK).

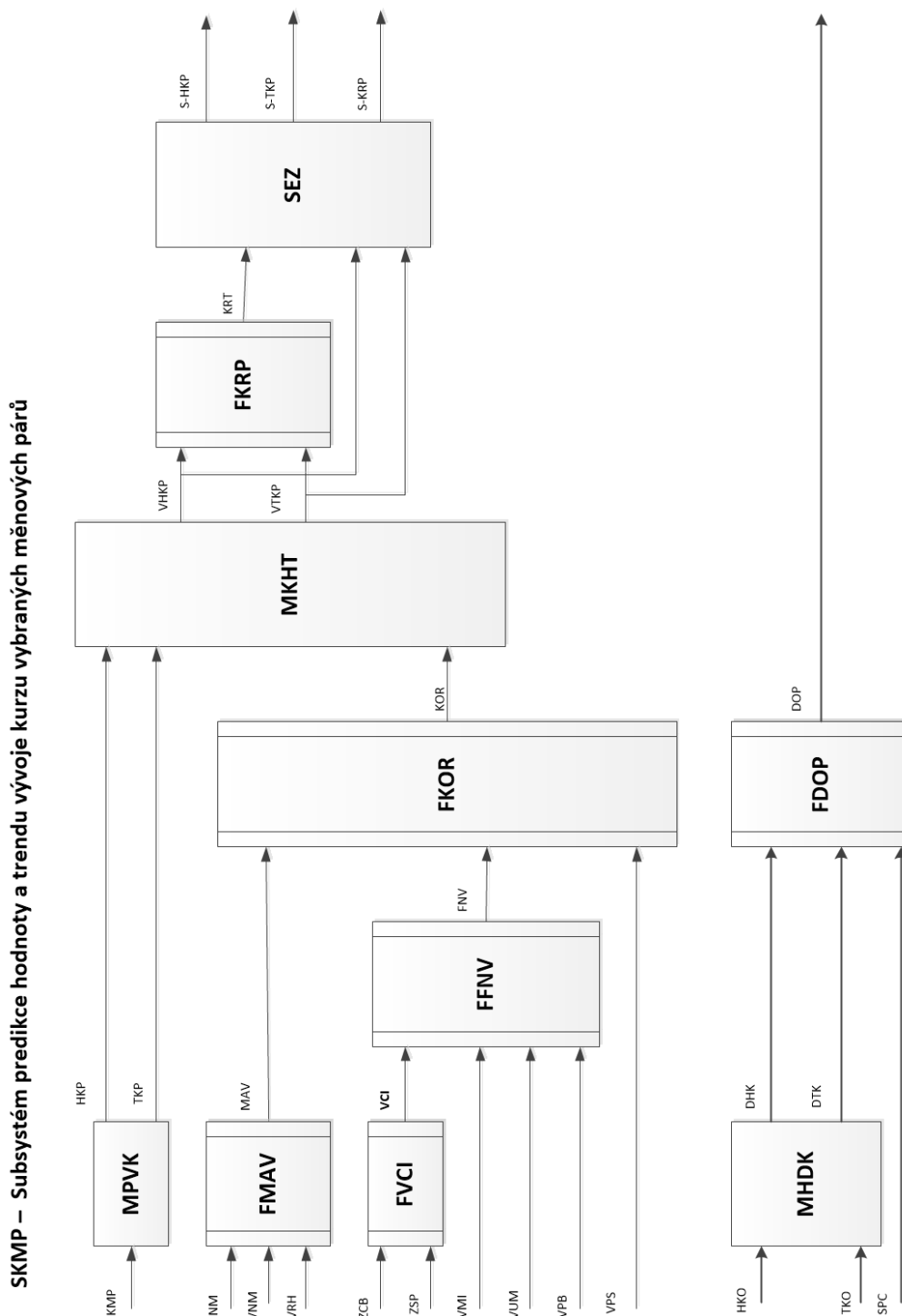
Predikované hodnoty kurzů a trendů vypočtené matematickým modelem jsou dále modifikovány a aktualizovány dalšími hledisky, jako jsou indexy nákupních manažerů, ukazatel vývoje míry nezaměstnanosti, ukazatel vývoje reálného HDP, míra zásahů centrální banky, míra zásahů spekulantů, ukazatelé vývoje míry inflace, vývoje úrokových měr, vývoj platební bilance a vývoj politické situace v zemi [6]. Modifikační kritéria jsou stanovena ve fuzzy-logických modelech pro stanovení trendu makroekonomického vývoje FMAV, stanovení vlivu cizoměnových intervencí FVCI, stanovení

finančního vývoje FFNV, stanovení korekčního faktoru FKOR a stanovení ohodnocujícího kritéria měnového páru FKRП [7].

V matematických modelech jsou dále vypočítávány difference predikované a očekávané hodnoty kurzů (MHDK) a je stanovena výsledná korekce predikované hodnoty a trendu kurzu měnového páru (MKHT). Ve finálním fuzzy modelu jsou vyvozena doporučení výsledné aktivity obchodníka (FDOP) z hlediska vývoje hodnot a trendů kurzů měnových párů (DOP).

Vstupní a výstupní proměnné jednotlivých bloků, jména jejich identifikátorů a informační vazby mezi bloky jsou uvedeny na Obr.1.

**Obr. 1: Subsystém predikce hodnoty a trendu vývoje kurzu vybraných měnových párů**



## 2.2 SSVG – Subsystém doporučení aktivit z analýzy svícových grafů

Doporučené aktivity ze subsystému SSVG využívají metodu forexového obchodování Price Action [1]. Principem je sledování dynamiky tzv. svícového grafu daného měnového páru. Z jeho chování jsou získávány všechny potřebné signály k otevření a uzavření pozice. Schéma subsystému SSVG je uvedeno na Obr. 2.

Matematický model MPSV vypočítává ze vstupních údajů aktuální relevantní tvarové parametry svíci. Jsou to barva svíce BAR, délka těla svíce TEL, délka knotu svíce DEK, směr knotu svíce SMK a trend směru svíce TRE. Zmíněné hodnoty vstupují do fuzzy modelu vyvození aktivit z parametrů svíce FASV. Doporučená akce AKCP je zobrazena [8].

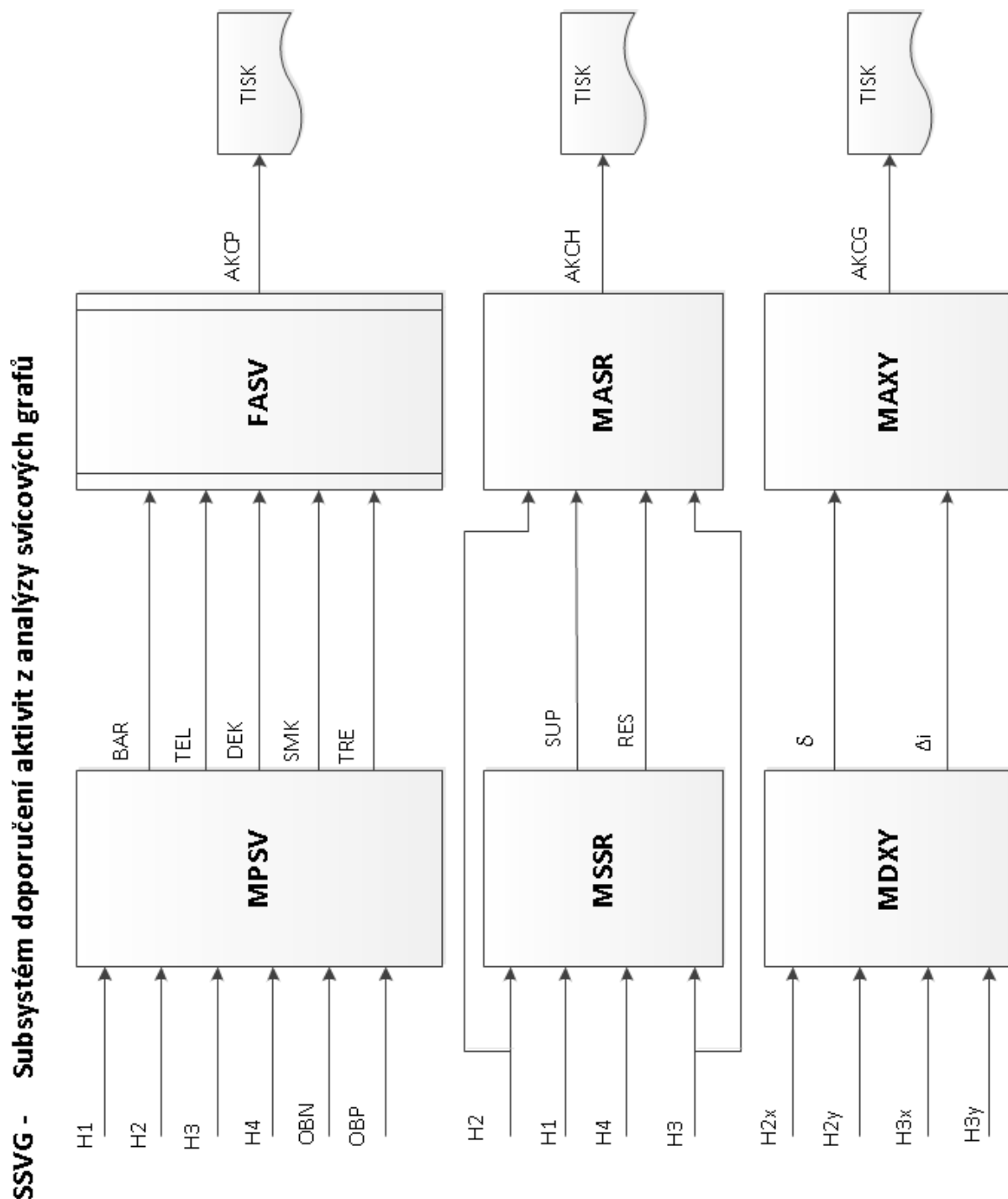
Vývoj časové řady svíci měnového páru je analyzován v matematickém modelu MSSR, který vypočítává aktuální polohy relevantních rozhodovacích úrovní SUPPORT (SUP) a RESISTENCE (RES). Na základě analýzy hodnot SUP a RES jsou v matematickém modelu MASR stanoveny doporučené aktivity obchodníka AKCH [9].

Další doporučení jsou určována z analýzy tvaru XY - spojnicových grafů dvou vybraných měnových párů na základě kritérií jejich vzájemné korelace (model MDXY). Tato kritéria jsou v následném matematickém modelu MAXY využita ke stanovení doporučení pro obchodníka AKCG [10].

Výstupem subsystému SSVG jsou tři varianty doporučení aktuální aktivity (AKCP, AKCH a AKCG), získané třemi různými metodami. Obchodník (expert) tyto varianty posoudí, použije další svoje hlediska a jednu z nich realizuje. Tímto přístupem lze získat tréninkovou datovou množinu, která může být základem pro natrénování umělé vícevrstvé neuronové sítě. Tato neuronová síť pak vybere relevantní finální doporučení automaticky [11].

Vstupní a výstupní proměnné jednotlivých bloků, jména jejich identifikátorů a informační vazby mezi bloky jsou uvedeny na Obr. 2

**Obr. 2: SSVG – Subsystém doporučení aktivit z analýzy svícových grafů**



### 2.3 SRKL – Subsystém pro hodnocení rizikovosti klienta

Subsystém pro hodnocení rizikovosti klienta má hierarchickou strukturu (Obr. 3). Odhaduje jeho kvalitu z několika hledisek, a to: z hlediska jeho podnikatelského profilu, z hlediska legislativy a sankcí a z hlediska transparentnosti subjektu. Subsystém je navržen variantně pro tři typy klientů - klient fyzická osoba, klient výrobní podnik a klient investiční fond či menší banka.

Matematický model datové přípravy (MDPR) vypočítává ze vstupních informací o dynamice peněžního toku klienta, jeho ziskovosti, výše investovaného kapitálu a objemu jeho minulých obchodů

výstupní kritéria, která určují změnu jeho finanční situace, změnu objemu jeho plánovaných a uskutečněných obchodů [2].

Tato kritéria jsou vstupními proměnnými fuzzy modelu pro stanovení jeho podnikatelského profilu PPK (modul FPPR).

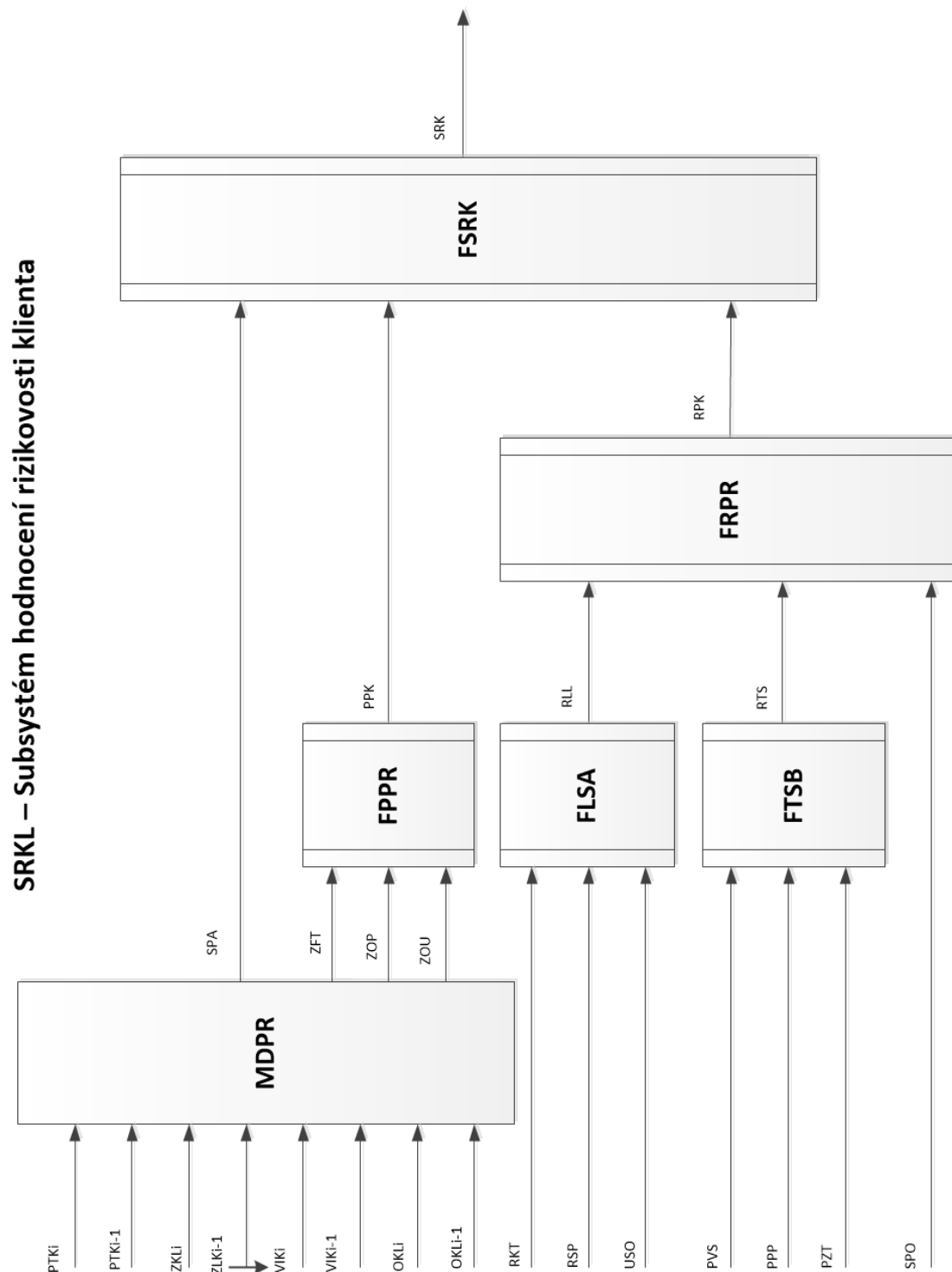
Fuzzy model rizikivosti klienta z hlediska legislativy a sankcí (FLSA) stanoví stupeň rizikivosti klienta podle lokální legislativy jeho státu (RLL) ze vstupních informací, kterými jsou stupeň rizikivosti státu klienta z hlediska opatření proti legalizaci výnosů z trestné činnosti, stupeň rizikivosti státu obchodního partnera klienta z hlediska opatření proti legalizaci výnosů z trestné činnosti a uplatnění sankčních opatření.

Fuzzy model rizikivosti klienta podle transparentnosti subjektu (FTSB) stanoví stupeň rizikivosti klienta z hlediska jeho transparentnosti (RTS) ze vstupních informací, kterými jsou stupeň průhlednosti vlastnické struktury klienta, stupeň průhlednosti původu peněžních prostředků klienta, stupeň podezření na zastoupení zájmů třetí osoby a stupeň podezřelosti obchodu.

Fuzzy model hodnocení rizikového profilu klienta (FRPR) hodnotí rizikový profil klienta RPK z hledisek rizikivosti klienta podle lokální legislativy jeho státu, z hlediska jeho transparentnosti a z hlediska stupně podezřelosti jeho obchodů SPO.

Fuzzy model finálního odhadu hodnocení rizikivosti klienta (FSRK) stanoví finální ohodnocení klienta SRK z ohledem na jeho podnikatelský profil, rizikový profil a stabilitu (variabilitu) jeho podnikatelského profilu SPA.

Obr. 3: SRKL – Subsystém hodnocení rizikovosti klienta



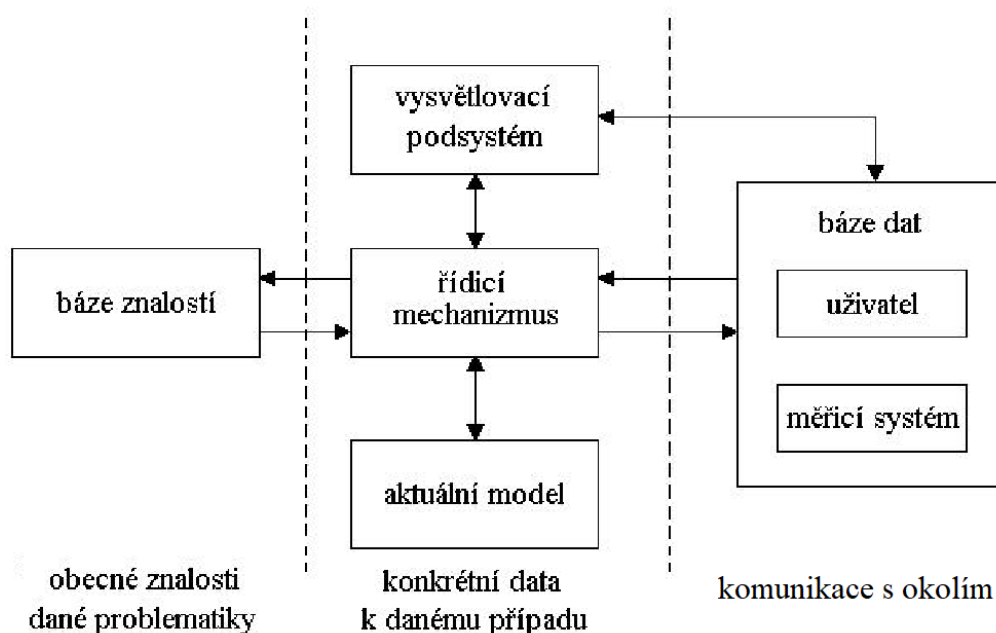
### 3 Fuzzy-logický rozhodovací modul

Fuzzy-logické rozhodovací bloky využívají strukturu a funkce expertních systémů [12]. Jsou to prostředky multikriteriálního rozhodování jako nástroje vědního oboru umělé inteligence. Pro počítačovou reprezentaci popisu rozhodovacího problému využívají jazykové modely ve formě

podmíněných IF-THEN pravidel. Formalizace významu slovních pojmů je provedena pomocí fuzzy množin, vyvozování rozhodnutí je prováděno pomocí fuzzy-logických algoritmů [12].

Expertní systém je nástrojem multikriteriálního rozhodování, realizovaný na bázi přístupů umělé inteligence (Obr. 4). Principem je počítačová reprezentace mentálních modelů zkušených expertů.

**Obr. 4: Struktura expertního systému**



Mentální model rozhodování experta je strojově realizován formou jazykového modelu, který je tvořen souborem IF-THEN podmíněných rozhodovacích pravidel. Je-li kvalita rozhodování lidského experta podmíněna efektivním zpracováním neurčitosti (vágnosti) slovních výrazů, je nutno řešit dva základní problémy: jakým způsobem formalizovat vágnost významu slov přirozeného jazyka a jakým algoritmem tuto vágnost počítačově zpracovat.

První problém je v použitém modulu řešen pomocí přístupů fuzzy množinové teorie. Druhý problém pak řeší přístupy vícehodnotové lingvistické fuzzy logiky [12].

Obecný jazykový model rozhodovacího problému je uložen v bázi znalostí. Obecný model je aktualizován vložení dat ke konkrétnímu případu z bloku aktuálního modelu. Vstupní data mohou být reprezentována daty z měřicího systému nebo poskytnuta slovně uživatelem (blok báze dat). Konkrétní případ je vyhodnocen fuzzy-logickým řídicím (inferenčním) algoritmem a výsledek řešení (rozhodnutí) je poskytnuto uživateli. Vysvětlovací mechanismus pak poskytne informaci o znalostech (aktivních pravidlech), které byly využity v řešení daného konkrétního případu.

Všechny rozhodovací moduly v systému FORSUPP využívají popsanou strukturu, jejich báze znalostí jsou tvořeny soustavou podmíněných IF-THEN pravidel. Inferenční algoritmy jsou typu Mamdani, defuzzifikační procedura využívá metodu COG [12].

#### 4 Implementace a testování systému

Matematické modely jsou implementovány, testovány a laděny v prostředí MATHEMATICA [13]. Fuzzy modely jsou implementovány ve vývojovém prostředí LFLC v2000 (Linguistic Fuzzy Logic Controller) [14]. Je to shell (prázdný) expertní systém, který je dedikován pro řešení konkrétní rozhodovací úlohy vložení konkrétních pravidel do jeho prázdné báze. Systém je vybaven interaktivními okny, v nichž lze upravovat parametry vstupních proměnných testovaného modelu, měnit



pravidla, experimentovat s různými typy inferenčních mechanismů a defuzzifikčních procedur, sledovat a ladit funkci modelu. Odladěné modely jsou připraveny k postupné implementaci do systému FOREX.

## 5 Diskuze

Rozhodování při obchodování s měnovými páry závisí na celé řadě hledisek, které musí obchodník průběžně vyhodnocovat a reagovat odpovídající – z hlediska cíle obchodování optimální - aktivitou. Je to úloha typicky expertní, kterou člověk řeší pomocí svých mentálních modelů.

Počítačová formalizace mentálních rozhodovacích úloh experta při obchodování v systému FOREX vyžaduje řešení úlohy strojové reprezentace jeho znalostí a vytvoření algoritmů, které umožní z obecných znalostí a informací o dané konkrétní situaci vyvodit optimální závěr a doporučení akce. Systém FORSUPP řeší tyto problémy hierarchickou strukturou původních matematických a jazykových modelů. Systém poskytuje tři doporučení optimální obchodní aktivity ze tří různých hledisek: z hlediska predikce vývoje kurzů a trendů obchodovaných měnových párů, z hlediska posouzení rizikovosti klienta a z hlediska dynamického vývoje časových svícových grafů. Rozhodnutí o finální aktivitě pak přenechává obchodníkovi.

Navržený programový systém FORSUPP je modulární a otevřený dalšímu kvantitativnímu i kvalitativnímu rozvoji. Vedle pokročilých fuzzy logických metod rozhodování budou dále zahrnuty metody samoučících se vícevrstvých neuronových sítí, které nahradí obchodníka v úloze integrace dílčích doporučení a výběru aktivity finální.

Tento článek byl podpořen z projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/15\_019/0004892 (Informační systém pro řízení a správu obchodů v prostředí Forexu)

## 6 Literatura

- [1] *Základy obchodování na FOREXu*. [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.fxglobal.com/ebook/>.
- [2] POKORNÝ, M., ZIMMERMANNOVÁ, J., ZÁVODNÝ POSPÍŠIL, J., LAVRINČÍK, J., ZDRAŽIL, T., SANETRNÍK, P., KRIŠOVÁ, Z., ČERMÁK, P., MARTINŮ, J., MOŠOVÁ, V., ŘÍHOVÁ, V., VITOSLAVSKÁ, M. *Informační systém pro řízení a správu obchodů v prostředí Forexu*. MVŠO Olomouc. 2017 (in Czech).
- [3] BROOKS, A. *Trading Price Action TRENDS*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2012. ISBN 978-1-118-16623-9.
- [4] TUREK, Ludvík. *Česká burza: zisková strategie*. Praha: Czechwealth, [2010]. ISBN 978-80-260-9383-1.
- [5] TUREK, Ludvík. *Manuál forexového obchodníka*. Praha: Czechwealth, 2015. ISBN 978-80-260-9385-5.
- [6] JANÁČ, Radek. *Automatické obchodní systémy, aneb, Forex Robot*. Brno: Tribun EU, 2016. ISBN 978-80-263-1055-6.
- [7] LIEN, Kathy. *Forex: ziskové intradenní a swingové obchodní strategie: jak na technickou a fundamentální analýzu pro úspěch na finančních trzích*. 2. rozš. vyd. Přeložil Pavel KAISER. Praha: FXstreet, 2013. ISBN 978-80-904418-2-8.
- [8] ČERVINEK, Petr, Oldřich REJNUŠ a Jan KRAJÍČEK, ed. *Obchodování na komoditních burzách: sborník příspěvků z 9. mezinárodní vědecké konference: Brno, 25.6.-26.6.2009*. Brno: Masarykova univerzita, 2009. ISBN 978-80-210-5036-5.
- [9] REJNUŠ, Oldřich. *Finanční trhy*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2014. Partners. ISBN 978-80-247-3671-6.

- [10] REJNUŠ, Oldřich. *Finanční trhy: učebnice s programem na generování cvičných testů*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5871-8.
- [11] BIKÁR, Miloš a Miroslav KMEŤKO. *Finančné trhy a modely ich predikcií*. Praha: Wolters Kluwer, 2018. ISBN 978-80-7598-155-4.
- [12] Novák, V., Perfilieva, I., Dvorak, A. *Insight into Fuzzy Modeling*. WILEY. 2016. ISBN: 978-1-119-
- [13] The Software Engineering of Mathematica—Wolfram Mathematica 9 Documentation. Reference.wolfram.com. Retrieved on 2015-03-23.
- [14] Dvořák, A., Habiballa, H., Novák, V., Pavliska, V., *The concept of LFLC 2000 - its specificity, realization and power of applications*, COMPUT IND 51. 2003. ISSN 0360-8352.