

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТИКИ СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНОЇ ЗРІЛОСТІ ЛЮДИНИ ЯК КОМПОНЕНТА СОЦІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

Розроблено алгоритм та математичну модель діагностики соціально-психологічної зрілості людини на засадах нечіткої логіки, що дає змогу приймати ефективні управлінські рішення в роботі з персоналом, а саме при підборі та просуванні кадрів, розподілі функцій та обов'язків, розв'язанні проблеми статусу кожного працівника та багато інших виробничих задач.

Умовні позначення

СТС – соціотехнічна система;

ПСС – психосоціальна сфера;

СПЗ – соціально-психологічна зрілість;

ЛФ – людський фактор

Будь-яку сучасну організацію, фірму, підприємство прийнято вважати соціотехнічною системою (СТС), яка об'єднує технологічну суть та кадрове забезпечення і спрямована на здійснення певної суспільно корисної місії.

Дослідження та моделювання СТС є складною комплексною проблемою. Саме тому ведуться розробки технічних, інформаційних, алгоритмічних, психологічних та інших аспектів цієї проблеми. Дослідження СТС вимагають комплексного підходу і передбачають співпрацю кібернетиків, математиків, психологів, фізіологів, інженерів та представників багатьох інших наукових галузей.

Найбільш ефективними і перспективними на сьогодні методами дослідження та моделювання компонентів СТС можна вважати методи побудови нечітких моделей, оскільки вони дозволяють враховувати складні внутрішні взаємозв'язки в досліджуваних об'єктах [1].

Однак, якщо для будь-якої технічної конструкції (технічного об'єкта) СТС в наш час можна побудувати задовільні за точністю математичні моделі, то щодо математичного моделювання “живої” компоненти СТС в цьому напрямку існують певні труднощі.

З розробкою високоефективних технологій, нових систем комунікацій та управління змінюються функції та місце людини у виробництві, відбувається інтелектуалізація фізичної та автоматизація розумової праці людини в СТС. Набувають актуальності питання, пов'язані з психологічним дослідженням діяльності людини, вивченням її характерологічних та поведінкових властивостей.

Результати психодіагностичних досліджень особливо є необхідними для керівників, всіх тих, хто займається питаннями підбору кадрів, розподілу функцій між працівниками на виробництві, проблемами соціально-психологічного клімату і групової діяльності. Більшість керівників не є психологами за фахом. Їм потрібно мати в своєму арсеналі простий, але ефективний інструмент прогнозування поведінки робітника, діагностики його характерологічних особливостей, і надзвичайно важливим є визначення його соціально-психологічної зрілості (СПЗ), яка проявляється у самосвідомості (системі внутрішніх відношень людини до себе), активності життєвої позиції (цілеспрямованості, соціальної адаптованості, загальному рівню обізнаності та культури) та потребі в самореалізації. Поняття СПЗ у вітчизняній психологічній науці розглядається у віковій психології, зокрема, у психології розвитку, і стосується вікового періоду юності. Однак, ідеї про нормальну (здорову, зрілу) та аномальну лінії розвитку людини, представлені в роботах Еріка Еріксона, охоплюють увесь період

життя. Тому, поняття СПЗ може бути екстрапольоване на будь-який віковий період і характеризувати тенденцію особистісного розвитку в цілому. СПЗ можна вважати інтегральною характеристикою для оцінки людини в СТС.

Залишається відкритим питання математичного моделювання процесу діагностики параметрів людини як компонента СТС, зокрема, її психосоціальної сфери (ПСС), яка враховує психічний статус (інтелект, емоційну сферу, характер) та соціальний статус (ситуаційні характеристики, моральність, соціальну адаптацію) та ідентифікації її СПЗ. Доцільним також є пошук можливих залежностей та взаємозв'язків між параметрами ПСС для мінімізації діагностованих даних.

Таким чином, основні труднощі розв'язання задач психодіагностики обумовлені необхідністю врахування великої кількості якісних параметрів людини, а також відсутністю аналітичних залежностей, які б зв'язували параметри ПСС людини і діагностичне рішення про рівень її СПЗ. Застосування апарату нечітких множин для розв'язання задач психодіагностики повинно здійснюватися на основі принципів лінгвістичності та ієрархічності діагностичних знань.

Проведене автором дослідження дало змогу створити інструментарій визначення та прогнозування характерологічних та поведінкових особливостей людини через моделювання процесу діагностики її ПСС на основі теорії нечіткої логіки.

Зокрема, було визначено базові ознаки, які описують психічний та соціальний статуси людини, – параметри ПСС - (в роботі їх запропоновано 64); обґрунтовано доцільність вибору діагностичних методик, які були покладені в основу комп'ютерної експрес-діагностичної програми (лаконічність, простота, цікавість, оригінальність вибору стимульного матеріалу, який впливає одночасно на різні сторони людської психіки і т.п.); розроблено анкету, яка містить всю необхідну для експерименту інформацію про респондента; створено комп'ютерну експрес-діагностичну програму, яка визначає в кількісній та якісній формах ступінь прояву існуючих характерологічних та поведінкових властивостей особистості (її ПСС); виявлено стійкі взаємозв'язки між параметрами ПСС (в результаті проведеного кореляційного аналізу), що дозволило мінімізувати кількість параметрів (з 64 до 29); побудовано математичну модель діагностики СПЗ.

Математична модель процесу діагностики соціально-психологічної зрілості людини зводиться до задачі ідентифікації нелінійних об'єктів з одним виходом і багатьма входами [2]. Особливість цієї задачі в тому, що взаємозв'язок „вхід - вихід” задається у вигляді експертних висловлювань: ЯКЩО <входи>, ТО <вихід>, які є нечіткими базами знань.

Але враховуючи досить велику кількість вхідних даних (параметри ПСС), що ускладнює побудову нечіткої бази знань, виявилось доцільним провести класифікацію (ієрархію) вхідних змінних і побудувати узагальнене дерево логічного виводу, яке визначає систему вкладених одна в одну нечітких баз знань меншої розмірності.

Ієрархічний взаємозв'язок між вхідними змінними, класами вхідних змінних і вихідною змінною (інтегральним показником) подано у вигляді дерева (рис.1).

Проілюстрована структурна модель діагностики рівня соціально-психологічної зрілості людини фактично містить у собі сім моделей: 1) модель рівня самосвідомості людини; 2) модель рівня активності життєвої позиції; 3) модель рівня потреби в самореалізації; 4) модель рівня цілеспрямованості індивіда; 5) модель рівня соціальної адаптованості; 6) модель загального рівня обізнаності та культури; 7) модель рівня комунікативних вмінь.

Згадані моделі розроблені автором спільно з фахівцями кафедри інженерно-педагогічної підготовки НУ „Львівська політехніка”, зокрема, доктором біологічних наук, професором Кизименко Л.Д., кандидатом психологічних наук, доцентом Романець З.О. та кандидатом психологічних наук, доцентом Сазоною О.В.

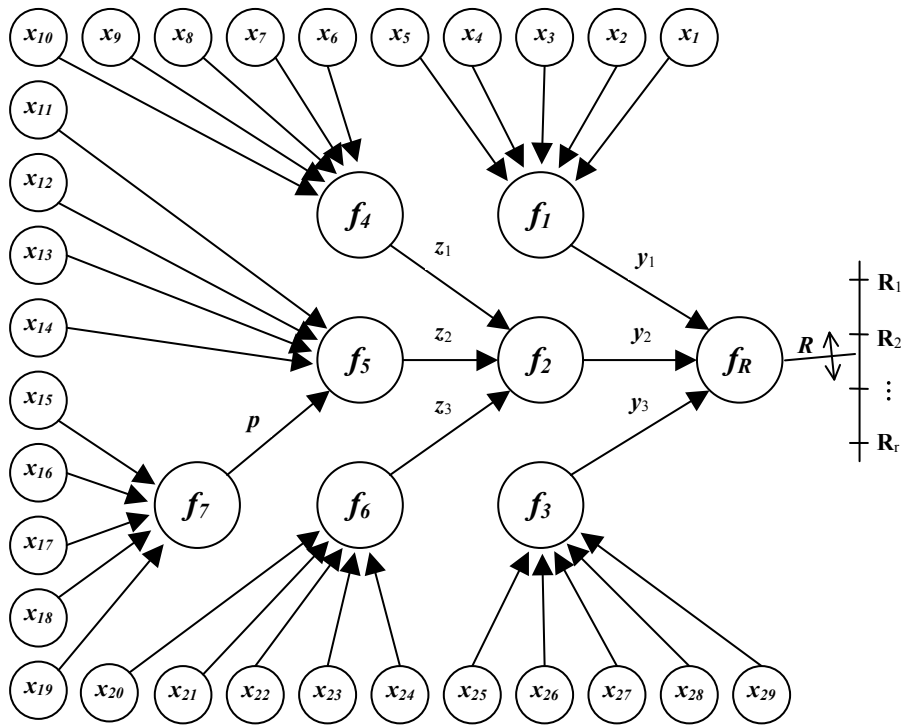


Рис.1. Модель діагностики СПЗ

Дереву логічного виводу відповідає така система співвідношень:

$$R = f_R(y_1, y_2, y_3); \tag{1}$$

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5); \tag{2}$$

$$y_2 = f_2(z_1, z_2, z_3); \tag{3}$$

$$y_3 = f_3(x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{28}, x_{29}); \tag{4}$$

$$z_1 = f_4(x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}); \tag{5}$$

$$z_2 = f_5(x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, p); \tag{6}$$

$$z_3 = f_6(x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}); \tag{7}$$

$$p = f_7(x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}), \tag{8}$$

де R – вихідна змінна (інтегральний показник) - СПЗ; y_1, y_2, y_3 – класи вхідних змінних; z_j, p - підкласи вхідних змінних x_j , причому $i = \overline{1,29}$, $j = \overline{1,3}$.

В загальному випадку будемо вважати, що всі змінні, які стоять у вершинах дерева, є лінгвістичними змінними з наступними термами: $\{R_1, R_2, \dots, R_r\}$ - множина термів для оцінки змінної R (соціально-психологічна зрілість); $\{y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1a}\}$ - множина термів для оцінки змінної y_1 (самосвідомість); $\{y_{21}, y_{22}, \dots, y_{2b}\}$ - множина термів для оцінки змінної y_2 (активність життєвої позиції); $\{y_{31}, y_{32}, \dots, y_{3c}\}$ - множина термів для оцінки змінної y_3 (потреба в самореалізації); $\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ia_i}\}$ - множина термів для оцінки змінної x_i (параметри ПСС), $i = \overline{1,29}$; $\{z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{jb_j}\}$ - множина термів для оцінки змінної z_j , $j = \overline{1,3}$; (z_1 – цілеспрямованість, z_2 – соціальна адаптованість, z_3 – загальний рівень обізнаності та культури), $\{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ - множина термів для оцінки змінної p (комунікативні вміння). Потужності всіх множин, тобто кількості термів, які використовуються для оцінки лінгвістичних змінних, в загальному випадку можуть бути різними.

Інформацію про співвідношення (1) – (8) будемо подавати у вигляді нечітких баз знань, які містять логічні висловлювання про взаємозв'язки вхідних та вихідних

змінних. Із застосуванням операцій перетину (\cap) та об'єднання (\cup) множин нечіткі бази знань можна подати у такій формі:

$$\bigcup_{s=1}^{h_j} [(y_1 = y_1^{js}) \cap (y_2 = y_2^{js}) \cap (y_3 = y_3^{js})] \rightarrow R = R_j, \quad j = \overline{1, r}; \quad (9)$$

$$\bigcup_{s=1}^{e_j} \left[\bigcap_{i=1}^5 (x_i = x_i^{js}) \right] \rightarrow y_1 = y_{1j}, \quad j = \overline{1, a}; \quad (10)$$

$$\bigcup_{s=1}^{g_j} \left[\bigcap_{i=1}^3 (z_i = z_i^{js}) \right] \rightarrow y_2 = y_{2j}, \quad j = \overline{1, b}; \quad (11)$$

$$\bigcup_{s=1}^{t_j} \left[\bigcap_{i=25}^{29} (x_i = x_i^{js}) \right] \rightarrow y_3 = y_{3j}, \quad j = \overline{1, c}; \quad (12)$$

$$\bigcup_{s=1}^{q_j} \left[\bigcap_{i=6}^{10} (x_i = x_i^{js}) \right] \rightarrow z_1 = z_{1j}; \quad (13)$$

$$\bigcup_{s=1}^{d_j} \left[\bigcap_{i=11}^{14} (x_i = x_i^{js}) \cap (p = p^{js}) \right] \rightarrow z_2 = z_{2j}; \quad (14)$$

$$\bigcup_{s=1}^{l_j} \left[\bigcap_{i=20}^{24} (x_i = x_i^{js}) \right] \rightarrow z_3 = z_{3j}; \quad (15)$$

$$\bigcup_{s=1}^{u_j} \left[\bigcap_{i=15}^{19} (x_i = x_i^{js}) \right] \rightarrow p = p_j. \quad (16)$$

Визначена система нечітких логічних висловлювань (9)-(16) описує експертну інформацію про співвідношення (1)–(8), що відповідає узагальненому дереву взаємозв'язку „вхідні змінні – вихідна змінна”. Поставимо у відповідність співвідношенням (1)–(8) нечіткі логічні рівняння, які зв'язують функції належності нечітких термів вхідних та вихідних змінних. Щоб отримати ці рівняння, потрібно замінити нечіткі множини в лівих та правих частинах висловлювань (9) - (16) на відповідні функції належності, а операції І та АБО над нечіткими множинами замінити операціями \wedge (*min*) та \vee (*max*) над відповідними функціями належності:

$$\mu^{R_j}(y_1, y_2, y_3) = \max_{s=1, h_j} \left\{ \min \left[\mu^{y_1^{js}}(y_1), \mu^{y_2^{js}}(y_2), \mu^{y_3^{js}}(y_3) \right] \right\}; \quad (17)$$

$$\mu^{y_{1j}}(x_1, x_2, \dots, x_5) = \max_{s=1, e_j} \left\{ \min \left[\mu^{x_i^{js}}(x_i) \right] \right\}; \quad (18)$$

$$\mu^{y_{2j}}(z_1, z_2, z_3) = \max_{s=1, g_j} \left\{ \min \left[\mu^{z_i^{js}}(z_i) \right] \right\}; \quad (19)$$

$$\mu^{y_{3j}}(x_{25}, x_{26}, \dots, x_{29}) = \max_{s=1, t_j} \left\{ \min \left[\mu^{x_i^{js}}(x_i) \right] \right\}; \quad (20)$$

$$\mu^{z_{1j}}(x_6, x_7, \dots, x_{10}) = \max_{s=1, q_j} \left\{ \min \left[\mu^{x_i^{js}}(x_i) \right] \right\}; \quad (21)$$

$$\mu^{z_{2j}}(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{14}, p) = \max_{s=1, d_j} \left\{ \min \left[\mu^{x_i^{js}}(x_i) \right], \mu^{p^{js}}(p) \right\}; \quad (22)$$

$$\mu^{z_j}(x_{20}, x_{21}, \dots, x_{24}) = \max_{s=1, l_j} \left\{ \min_{i=20, 24} [\mu^{x_i^{js}}(x_i)] \right\}; \quad (23)$$

$$\mu^{p_j}(x_{15}, x_{16}, \dots, x_{19}) = \max_{s=1, u_j} \left\{ \min_{i=15, 19} [\mu^{x_i^{js}}(x_i)] \right\}. \quad (24)$$

Таким чином, отримана система співвідношень (17)-(24) повністю відповідає узагальненому дереву логічного виводу і дозволяє обчислити степені належності вектора значень вхідних змінних нечітким термам-оцінкам вихідної змінної. Відповідно алгоритм нечіткого логічного виводу, що використовує узагальнене дерево виводу, є таким: 1) зафіксувати вектор значень вхідних змінних – параметрів ПСС - $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_{29}^*)$; 2) визначити значення функцій належності термів-оцінок вхідних змінних $\mu^{x_i}(x_i)$, $i = \overline{1, 29}$; 3) використовуючи співвідношення (17) - (24) обчислити функції належності $\mu^{R_j}(y_1, y_2, y_3)$ термів-оцінок вихідної величини R , яка відповідає вектору значень вхідних змінних $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_{29}^*)$; 4) визначити оцінку R_j^* , функція належності якої є максимальною:

$$\mu^{R_j^*}(y_1, y_2, y_3) = \max_{j=1, r} [\mu^{R_j}(y_1, y_2, y_3)] \rightarrow R = R_j^*. \quad (25)$$

Для застосування алгоритму, розробленого в цьому розділі, необхідно мати функції належностей, які дозволяють представляти параметри ПСС та СПЗ індивіда у вигляді нечітких множин.

Враховуючи, що в результаті тестування та комп'ютерної діагностики одержані дані про ступінь прояву параметрів ПСС в переважній більшості випадків інтерпретуються у трьох термах: $H = \text{низький}$, $C = \text{середній}$, $B = \text{високий}$, в моделі діагностики СПЗ, яка описується залежностями (1) – (8), запропоновано лінгвістичні змінні $p, x_1 - x_{29}$ оцінювати трьома нечіткими термами, які визначені за допомогою трикутних функцій належності (рис.2). А для прийняття більш точного діагностичного рішення про рівень СПЗ, експертами-психологами рекомендовано лінгвістичні змінні $R, y_1, y_2, y_3, z_1, z_2, z_3$ оцінювати п'ятьма нечіткими термами: $H = \text{низький}$, $нС = \text{нижче середнього}$, $C = \text{середній}$, $вС = \text{вище середнього}$, $B = \text{високий}$, що визначені за допомогою кусково-лінійних функцій належності (рис. 3).

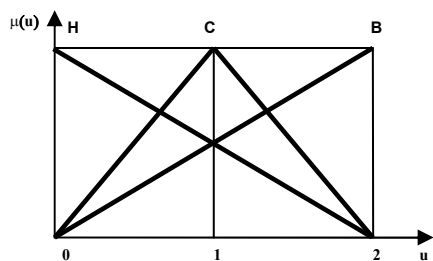


Рис. 2. Функції належностей трьох термів

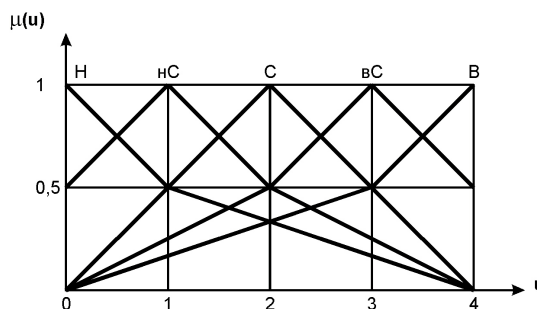


Рис.3. Функції належностей п'яти нечітких термів

Вибір саме цих функцій належностей обумовлений тим, що вони добре описують реальні функції належності, які отримані в роботі методом обробки статистичних даних (для 156 осіб).

На основі бази знань і функцій належності термів складаються нечіткі логічні рівняння, що формують модель діагностики СПЗ. У нашій моделі лінгвістичним висловлюванням баз знань та їх логічним висловлюванням відповідають 38 нечітких логічних рівнянь.

Відповідність результатів нечіткого логічного виводу і реального параметра моделювання, тобто адекватність моделі, визначається двома основними параметрами – якістю функції належності та якістю бази знань. Якістю функції належності є ступінь її відповідності реальним значенням належності змінної нечіткому логічному терму. Якість бази знань визначається відповідністю та коректністю самих правил. Для оцінки адекватності розробленої моделі були зібрані необхідні статистичні дані за період з 1.03.1998 року до 1.02.2005 року і подані у вигляді вибірки „входи-виходи”. Порівняння експериментальних даних (рішення експертів-психологів про рівень СПЗ) та теоретичних (за допомогою розробленої моделі) для 156 респондентів свідчить про високу, з точки зору практичного застосування, якість побудованої математичної моделі.

Результати досліджень впроваджено у навчальний процес Львівського університету „Львівська політехніка” при викладанні дисципліни „Діагностика характеристик людини” для магістрів спеціальності „Управління навчальним закладом”, в навчально-виховному процесі Учбового Центру ДЦ Міністерства освіти і науки України при НУ „Львівська політехніка” (підготовка фахівців за напрямком „Педагогіка”) та Учбово-виробничому комбінаті Укراгропромбуд (підготовка фахівців робочих спеціальностей) при розробці систем управління, технологій навчання, профдіагностики, профпридатності та профвідбору.

Висновки. Результати проведеного дослідження дозволяють стверджувати:

1. Найбільш ефективними і перспективними на сьогодні методами дослідження та моделювання компонентів СТС можна вважати методи побудови нечітких моделей, оскільки вони дозволяють враховувати складні внутрішні взаємозв'язки в досліджуваних об'єктах.
2. Основні труднощі розв'язання задач психодіагностики (оцінки ЛФ в СТС) обумовлені необхідністю врахування великої кількості якісних параметрів людини, а також відсутністю аналітичних залежностей, які б зв'язували параметри ПСС людини і діагностичне рішення про рівень СПЗ. Застосування апарату нечітких множин для розв'язання задач психодіагностики повинно здійснюватися на основі принципів лінгвістичності параметрів ПСС людини і діагностичного рішення про рівень СПЗ, а також лінгвістичності та ієрархічності діагностичних знань.
3. Розроблені математична модель ідентифікації рівня СПЗ - важливої характеристики для оцінки ЛФ в СТС та алгоритм нечіткого логічного виводу дозволяють формалізувати процедуру прийняття діагностичного рішення на базі нечіткої логіки при якісних параметрах ПСС людини.
4. Визначені параметри ПСС та СПЗ дозволяють адекватно описати психічний та соціальний статуси людини.
5. У результаті проведеного кореляційного аналізу вдалося мінімізувати кількість діагностованих параметрів з 64 до 29.
6. Створена комп'ютерна експрес-діагностична програма за невеликим обсягом вхідної інформації дає можливість отримувати об'єктивну характеристику ПСС індивіда, що, безумовно, може служити ефективним інструментом для прогнозування поведінки людини та мати широке застосування для розв'язку різних практичних задач в контексті СТС.

The article has a developed mathematic model and algorithm of psychosocial sphere (PSS) diagnosis and algorithm of socio-psychological human maturity (SPM) – „live” component of sociotechnical system – on the basis of linguistic proximity with using of compositional rule of fuzzy logical conclusion. This allows formalizing the procedure of make the diagnostic decision about socio-psychological human maturity with the qualitative parameters of psychosocial sphere and receiving the effective instrument to forecast the human behavior for solving different practical tasks in the sociotechnical system's sphere.

1. Алиев Р.А., Церковный А.З., Мамадова Г.Н. Управление производством при нечеткой исходной информации. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
2. Ротштейн О.П. Интеллектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі. – Вінниця: Універсум, 1999. – 320 с.

Одержано 16.03.2005 р.