

Биков В. Ю. Модель інтерактивної розв'язувальної системи: 36. наук, праць / За ред. В. Ю. Бикова, Ю. О. Жука / Інститут засобів навчання АПН України - К.: Атіка, 2004- 240 с. – с. 88 – 97.

МОДЕЛЬ ІНТЕРАКТИВНОЇ РОЗВ'ЯЗУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Биков В. Ю.

Інститут засобів навчання АПН України

У статті наведено модель інтерактивної розв'язувальної системи як елемента комп'ютерно орієнтованих засобів навчання.

У контексті подальшого викладу в якості досліджуваної системи (ДС) буде виступати інтерактивна (діалогова) розв'язувальна система (РС) як важлива складова комп'ютерно орієнтованого навчального середовища педагогічних систем. Тому, з усіх комп'ютерно орієнтованих засобів навчання, що застосовуються в навчальному середовищі, виділимо інтерактивну РС і розглянемо її глибше.

За своєю змістовно-технологічною сутністю комп'ютерно орієнтовані засоби навчання являють собою автоматизовані людино-машинні системи, в яких людина (учень, їх група, вчитель, тьютор тощо) і машина (персональний комп'ютер, відособлений комп'ютерний комплекс або відповідний фрагмент комп'ютерної системи, далі ЕОМ) в інтерактивному режимі (використовуючи програмно-технічні засоби відповідного автоматизованого робочого місця) спільно вирішують різні задачі, що пов'язані з навчанням. У такому розумінні, людина (людина-оператор, далі - оператор) і програмно-технічні засоби навчальних комп'ютерних комплексів утворюють деяку інтерактивну РС, модельному представленню якої і присвячено подальший виклад [4].

Метою модельного представлення інтерактивної РС, таким чином, є дослідження характеру упорядкованого в часі (на відміну від упорядкованості за функціями) взаємодії оператора і ЕОМ в процесі спільного розв'язування певної задачі. Мова тут піде про створення динамічної моделі РС, за допомогою якої можна досліджувати стійкість РС і якість перехідного процесу її вихідної величини [3] - характеристики ДС, що визначають такі її основні властивості, які є суттєвими з погляду розв'язування навчальних завдань.

Саме з урахуванням зазначених цілей побудови і наступного використання створюваної моделі виділимо суттєві властивості РС, що визначають її динаміку.

Введемо ряд припущень, обмежень і визначень.

Припустимо, що задача, яка підлягає розв'язуванню (розв'язувальна задача - РЗ), як відносно конкретної РС (віднесені РЗ), так і абстрактно до неї (невіднесені РЗ) характеризується деякою *трудомісткістю* $\eta = \eta(\mu, \theta)$,

де μ - операційна ємність РЗ, Θ - складність РЗ. Згідно з [7] будемо вважати, що η у відповідній мірі характеризує предметну область РЗ (як для віднесених, так і для невіднесених РЗ), що змістовно являє собою множину припустимих (з погляду об'єктивних законів природи) станів предметів і відношень між ними, а також властивості РС (тільки для віднесених РЗ). Іншими словами, можна сказати, що η відбиває предметний склад і структуру РЗ. В [2] трудомісткість задачі пов'язують з поняттям трудності задачі (трудність задачі або рівень трудності задачі визначається як міра фактичного або прогнозувального використання ресурсів РС, у тому числі часових, на її розв'язування). Тобто трудність задачі розглядається відносно РС. Кількісними характеристиками використання ресурсів РС виступають перш за все їх обсяг і інтенсивність. При цьому, трудомісткість задачі визначають як її інтегральну трудність і виділяють також диференціальну трудність задачі, розрізняючи її миттєві значення і середні значення на відрізок часу, протягом якого розв'язується задача. Таким чином, вважається, що РС може бути розбита на окремі кроки, які послідовно виконуються протягом деякого часу, що виділяється (передбачається виділити) на розв'язування цього кроку задачі. Кожному ж з кроків ставиться у відповідність деяка диференціальна трудність, яку ми будемо визначати як *трудомісткість кроку РЗ*.

Для кількісного оцінювання η використовуються різні показники, які поділяють на суб'єктивні і об'єктивні. Суб'єктивні показники відбивають думку або самих суб'єктів РЗ, або експертів, які залучаються до оцінювання. Об'єктивні показники відбивають деякі властивості РС. Серед об'єктивних показників виділяють [2]: фізіологічні показники, показники поведінки, показники успішності діяльності.

Для досить великого класу РС визначити μ і Θ можна згідно з [8, 9]. **Операційна ємність задачі μ** (в [8, 9] названа трудомісткістю задачі) - характеристика РЗ, що пов'язана з кількістю дій (перетворень, обчислень тощо), які необхідно виконати для реалізації оптимального (за критерієм мінімуму можливих дій) алгоритму її розв'язування. Мірою μ , таким чином, може слугувати елементарна операція, а значення μ може визначатися кількістю цих елементарних операцій у конкретній реалізації оптимального алгоритму розв'язування задачі.

Складність задачі Θ - характеристика РЗ, що відбиває логічну структуру її розв'язування. В [1] рівень складності задачі визначається як кількісна характеристика структури процесу розв'язування задачі, що тісно пов'язана з *трудністю задачі* (більш точно, виявляє достатньо високу позитивну кореляцію з нею). В [2] *трудність задачі* визначається як її інтегральна складність, що розглядається відносно РС. В [1] вказується, що складність задачі оцінюється як сума коефіцієнтів складності операцій, що послідовно виконуються в ході її розв'язування. Для встановлення коефіцієнту складності задачі можна йти як шляхом

структурного аналізу окремих видів операцій, що послідовно виконуються в процесі її розв'язування, так і застосовуючи так званий ентропійний підхід, який набув поширення при визначенні складності перш за все пізнавальних задач. Згідно з цим підходом складність задачі оцінюється величиною невизначеності задачі, яка усувається в процесі її успішного розв'язування. Іноді, на основі окремих показників складності, задачі вдається отримати її єдину числову оцінку. Це досягається, зокрема, при прогнозуванні *трудності задачі* розуміння друкованого тексту за допомогою так званої формули читабельності (читабельність - комплекс якостей, що полегшує узнавання, інтерпретацію, розуміння, швидкість і надійність переробки людиною інформації, яка представлена буквено-цифровими символами, що об'єднані у смислові групи [9]). Згідно з [9], найбільш доцільним шляхом оцінювання Θ є сьогодні шлях застосування методів експертного оцінювання.

Вочевидь, процес розв'язування задач може розглядатися тільки для віднесених РЗ.

Будемо вважати, що процес розв'язування задачі (або просто рішення) полягає у зміні μ від деякого актуального (початкового, поточного) стану μ_A в бажаний (необхідний, кінцевий) - μ_B . Оскільки процес розв'язування задачі розгортається в часі t , то $\mu - \mu(t)$. Таким чином, динаміка моделі РС повинна відбивати динаміку переходу $\mu_A \rightarrow \mu_B$. При цьому μ_A прикладається до входу динамічної моделі РС в якості її задавального впливу, а μ_B виникає на виході моделі РС, виступаючи в якості її регульованої величини.

Введемо поняття стійкості РС.

Будемо вважати, що РС стійка відносно даної РЗ, якщо в результаті розв'язування цієї задачі РС забезпечує виконання умови

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \mu_A(t) = \mu_B.$$

У протилежному випадку, РС є нестійкою відносно даної РЗ.

Процес інтерактивного розв'язування задачі являє собою упорядковану сукупність N кроків РЗ, кожному з яких ставиться у відповідність деяка трудомісткість n -го кроку РЗ

$$\eta_n = f(\mu_n, \theta_n), \quad n = \overline{1, N}.$$

Причому, будемо вважати, що параметр μ_n має властивість адитивності, тобто

$$\mu = \sum_{n=1}^N \mu_n,$$

а загальна складність задачі визначається за таким правилом [9]: якщо

$$\theta_i = \theta_j, \quad i, j = \overline{1, N}, \quad \text{то } \theta = \theta_n;$$

у тому випадку, коли N невелике і для деяких $i, j \theta_i \neq \theta_j$, то $\theta = \theta_n^{\max}$, де θ_n^{\max} характеризує найбільш складний n -крок

$$\eta = \sum_{n=1}^N \eta_n = f\left(\sum_{n=1}^N \mu_n \cdot \theta_n^{\max}\right)$$

РЗ. Тому в загальному випадку

Вочевидь, що та сама задача може бути розв'язана за різний час, що визначається властивостями РС. Таким чином, час розв'язування n -го кроку задачі на РС T_N , виявляється залежним як від Π_n , так і від властивостей РС – $\Lambda = \Lambda(E, \Delta)$, тобто

$$T_N = f(\eta_n, \Lambda) = f(\eta_n, E, \Delta)$$

де $E = \{\varepsilon\}$, $\Delta = \{\delta\}$ - множина суттєвих властивостей елементів РС відповідно до оператора і ЕОМ.

Для опису РС установемо її суттєві властивості як з боку оператора (властивості його особистості), так і з боку ЕОМ (властивості інформаційних і програмно-технічних засобів ЕОМ), що впливають на динаміку РС. Введені тут властивості оператора дещо не збігаються, але й суттєво не суперечать тим, що типово використовуються у педагогіці і психології. Обрана їх множина і наведені визначення відповідають обраній тут меті модельного представлення інтерактивної РС та є намаганням виявити і ввести у цей розгляд такі властивості особистості (першого з головних елементів інтерактивної РС), які б дозволили виявити деяку їх відповідність загальновизнаній множині (в розумінні кібернетики, інших розділів знань про ЕОМ і штучний інтелект) характеристик ЕОМ (другого з головних елементів інтерактивної РС) і встановити, таким чином, суттєві параметри моделі РС, що впливають на її динаміку, як з боку оператора (складової РС із природним інтелектом), так і з боку ЕОМ (складової РС із штучним інтелектом).

Спочатку установемо суттєву множину E властивостей ε_i ($i = 1, 2, \dots$) першого елемента РС - оператора, що впливають на динаміку РС. При цьому, серед усього можливого різноманіття властивостей особистості в якості суттєвих виділимо ті з них, які відбивають рівень розвитку психіки і пізнавальних можливостей особистості в напрямі прояву її відповідних здібностей.

Введемо дві перші суттєві властивості оператора, що у [6] названі систематичністю і специфічністю.

З урахуванням [6, 9] визначимо, що систематичність оператора ε_1 - це його здатність організовуватися в процесі здійснення діяльності, засвоювати і відтворювати дозовані порції необхідної інформації і здобувати на цій основі відповідні навички.

Специфічність (ε_2) - це здатність оператора активно і творчо опановувати специфічні ідеї і методи якоїсь конкретної галузі знань і/або

діяльності. Специфічність виражає професійну схильність (придатність) оператора до розв'язання певного класу задач.

Навченістю [6, 9] (умінням, навичком) ε_3 будемо тут називати таку суттєву властивість оператора, яка відбиває рівень знань і досвіду оператора і визначає здатність оператора користуватися ними (в тому числі автоматично, практично не замислюючись) при розв'язуванні даної РЗ (класу РЗ).

Введемо ще кілька властивостей оператора, що відбивають такі особливості нервової системи і психіки людини, які суттєво впливають на динаміку РС.

Одну з них назвемо тут реактивністю оператора (ε_4), що характеризує швидкість та інші особливості (пов'язані з типом психіки людини) протікання нервово-психічних процесів у того чи іншого індивідуума, його темперамент, а іншу - прогнозуючою здатністю оператора (ε_5), що характеризує евристичну здатність індивідуума (на основі ε_3 та отриманої інформації або тільки на основі ε_3) деяким чином прогнозувати події і ситуації, пов'язані з розв'язуванням задач. Сукупність властивостей ε_4 і ε_5 визначає деяку властивість індивідуума, яку можна назвати потенційною прогнозуючою активністю оператора, що проявляється у відповідному характері його дій (як результат його специфічних способів мислення і поведінки) при розробці прогнозних рішень, впливаючи, тим самим, на динаміку процесу розв'язування задач в РС.

Крім цього, введемо властивість оператора ε_6 - рівень творчого мислення оператора, що характеризує схильність і здатність оператора до логічного, творчого мислення.

Введемо також поняття мотивованої спрямованості оператора ε_7 до досягнення результату (ступеня цілеспрямованості, сконцентрованості і мотивації, настрою - не хочу, немає особливого бажання, хочу, дуже хочу, хочу будь за що), що виражається у відповідному рівні мобілізації потенційних можливостей оператора при розв'язуванні даної задачі.

Тепер установемо суттєву множину Δ властивостей δ_j ($j = 1, 2, \dots$) другого елемента РЗ - ЕОМ, яка відбиває особливості програмно-технічних засобів і технологій обробки даних, що використовує ЕОМ при розв'язуванні задач, тим самим впливаючи на динаміку РС.

Під систематичністю ЕОМ δ_1 будемо розуміти таку її властивість, яка забезпечує ефективне (у раніше визначеному розумінні) розв'язування різних задач (класів задач).

Специфічність ЕОМ δ_2 - це її властивість, що характеризує ступінь операційності, спрямованості інформаційних і програмно-технічних засобів ЕОМ на розв'язування даної задачі (класу задач).

Навченість ЕОМ δ_3 - це її властивість, що характеризує обсяг знань (інформації), яка зберігається в пам'яті ЕОМ, досконалість наявних

методів і алгоритмів, які застосовуються для розв'язування даної задачі (класу задач).

Реактивність ЕОМ δ_4 - це її властивість, що характеризує швидкодію ЕОМ, досконалість програмно-технічних засобів, які в ній застосовуються.

Евристичність ЕОМ δ_5 - це її властивість, що характеризує здатність ЕОМ до вибору і реалізації логічних алгоритмів.

Сукупність властивостей ε_i для $i = \overline{1, 6}$ і δ_j для $j = \overline{1, 5}$ характеризує потенційну (на відміну від реальної відносно даної РЗ і даного моменту часу) «інтелектуальну продуктивність» або «пропускну здатність» (щодо зниження операційної ємності μ_n при розв'язуванні даної РЗ) відповідно оператора $\varepsilon_0(\{\varepsilon_i\}, i = \overline{1, 6})$ і ЕОМ $\delta_0(\{\delta_j\}, j = \overline{1, 5})$.

Введемо ще декілька необхідних для подальшого викладу властивостей РС. Дві перші з них характеризують непродуктивні втрати часу кожним з елементів РС відносно даної РЗ. Для оператора цю властивість позначимо ε_8 , а для ЕОМ – δ_6 . Властивість ε_8 відбиває зовнішні умови роботи оператора і проявляється в змушених втратах часу на переключення уваги і розв'язування інших задач, що не пов'язані з даною (нагадаємо, що здатність оператора продуктивно використовувати виділений йому час на розв'язування задач визначається його властивістю ε_1). В свою чергу, властивість δ_6 характеризує ступінь монопольності наданих ЕОМ ресурсів при розв'язуванні даної задачі і виявляється в змушених втратах часу на системні переключення і розв'язування інших задач, не пов'язаних з даною.

Дві інші властивості елементів РС пов'язані з її відповідною здатністю обробляти інформацію в процесі інтерактивного розв'язування задачі. Залежно від ролі, яку в даний момент інтерактивної взаємодії виконує той чи інший елемент РС (роль інформатора або реципієнта), ці властивості виявляються по-різному. Для інформатора - в здатності видавати реципієнтові тільки ту інформацію, яка необхідна і використовується ним у процесі розв'язування даного кроку задачі, тобто в здатності «не зашумляти» своє повідомлення марною (стосовно даного кроку РЗ) інформацією. Для реципієнта - у його селективній здатності вибрати з отриманого повідомлення тільки ту інформацію, яка необхідна і використовується ним у процесі розв'язування даного кроку РЗ, тобто в здатності виділяти із всієї отриманої інформації тільки корисну.

Оскільки ролі елементів РС у процесі інтерактивної взаємодії постійно змінюються, введемо загальну властивість РС, що характеризує зазначені особливості її елементів. Якщо повну інформацію, що міститься у повідомленні (переданому чи одержаному), позначити як I_Σ , а корисну - як $I_k \in I_\Sigma$, то відношення $I_k / I_\Sigma = h_k$, $0 \leq h_k \leq 1$ саме і буде характеризувати ступінь корисності інформації, що міститься як у переданому, так і в одержаному повідомленні. Цю властивість для

оператора позначимо $\varepsilon_9 = h_K$, а для ЕОМ – $\delta_7 = h_K$. Таким чином, ми визначили всю обрану нами множину суттєвих властивостей РС $\Lambda (E, \Delta)$, що впливають на її динаміку. Оскільки, у загальному випадку, властивості A змінюються в часі, то $A = A(\tau)$, тобто розглянута нами РС є нестационарною, що призводить до відповідних особливостей її дослідження.

Еволюція модельного представлення інтерактивної РС представлена на рисунку 1. Модель виникнення задачі можна представити, як показано на рисунку 1а, де ξ – величина, пропорційна вхідній операційній ємності μ_A ; $\psi(t)$ – величина, пропорційна операційній ємності РЗ, яка вже відпрацьована РС на момент часу t (характеризує процес послідовного зниження операційної ємності задачі при її розв'язуванні); $\mu(t)$ – величина, пропорційна операційній ємності РЗ у момент t її розв'язування.

Далі, модель РС можна представити, як показало на рисунку 1б, де $W(p, t)$ – передаточна функція ланки, що описує динамічні властивості оператора і ЕОМ, причому, у загальному випадку $W_1(p, t)_{p=0} = 0 \neq 1$; $K_{M1}(t)$ – коефіцієнти передачі безінерційних ланок, що здійснюють масштабні перетворення. Значення цих коефіцієнтів визначаються із таких умов: оскільки $\mu(\infty) = 0$ (тобто $\psi(\infty) = \xi$) і $\mu(0) = \mu_A$, то

$$K_{M1}(t) = W_1(p, t)_{p=0} = 1 / K_{M2} \quad (1)$$

У загальному випадку, ланка, що описує динамічні властивості оператора і ЕОМ (а отже, і всієї РС), є нелінійною. Причому ця ланка

нелінійна відносно $\frac{d\mu}{dt}$ (тобто, має місце динамічна нелінійність). Тому розіб'ємо ланку з передатною функцією $W_1(p, t)$ на дві частини і представимо її у вигляді послідовно з'єднаних лінійної частини РС (ЛЧРС) з передатною функцією $W_{1L}(p, t)$ і нелінійної частини РС (НЧРС) з передатною функцією $W_{1H}(p, \mu, t)$.

Припустимо, що, якщо задача із складністю Θ_1 , яка розглядається, є відносно розв'язуваною (у розумінні, що наведено в [7]) для даної РС, то така РС є стійкою при будь-яких значеннях μ задач із складністю $\theta \leq \theta_1$. При цьому, різним значенням μ відповідає різний час розв'язання задачі. З цього припущення випливає, що в запропонованій моделі її нелінійна частина не повинна охоплюватися зворотними зв'язками і вона має бути стійкою при будь-яких значеннях її вхідного параметра x (рис. 1в). Тоді стійкість РС буде цілком визначатися властивостями ЛЧРС.

Представимо НЧРС у вигляді аперіодичної ланки з постійною часу, що залежить від вхідного параметру моделі, тобто

$$W_{1H}(p, \mu, t) = 1 / [\tau_H(\mu, t) + 1] \quad (2)$$

У свою чергу, модель ЛЧРС представимо, як показано на рис. 1г, де $W_E(p, t)$ - передаточна функція, що описує лінійну частину моделі ЕОМ; $W_0(p, t)$ - передаточна функція, що описує лінійну частину моделі оператора.

Передаточну функцію лінійної частини моделі цифрової ЕОМ можна представити у вигляді

$$W_E(p, t) = K_1(t)e^{-p\tau_1(t)} \quad (3)$$

У свою чергу, представимо передаточну функцію лінійної частини моделі оператора у вигляді

$$W_0(p, t) = K_2(t) \frac{p\tau_2(t) + 1}{p\tau_3(t) + 1} e^{-p\tau_4(t)} \quad (4)$$

З урахуванням (3.4-3) і (3.4-4) з виразу (3.4-1) одержуємо $K_{M1}(t) = K_1(t)K_2(t) / [1 + K_1(t)K_2(t)] = 1 / K_{M2}(t)$. (5)

Таким чином, динамічна модель РС набуде вигляду, що наведений на рис. 1д, а її параметри визначаються виразами (1) - (5).

Відносини між властивостями РС і параметрами її динамічної моделі, що входять до (1) - (5), представлені в таблиці, де:

$$\lambda_1 = \lambda_1(\delta_3, \theta), \quad \lambda_2 = \lambda_2(\mu, \delta_4), \quad \nu_1 = \nu_1(\varepsilon_3, \theta), \\ \nu_2 = \nu_2(\varepsilon_5, \theta), \quad \nu_3 = \nu_3(\mu, \varepsilon_1, \varepsilon_2).$$

Властивості РС, що орієнтовані відносно властивостей μ і θ РЗ (для спрощення записів всіх змінних, що наведені у таблиці, їх аргумент t нами опущено).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бал Г. О. Складність задачі // Комп'ютерна технологія навчання: Словник-довідник - К.: Наукова думка, 1992 - С. 487-489.
2. Бал Г. О. Трудність задачі // Комп'ютерна технологія навчання: Словник-довідник - К.: Наукова думка, 1992 - С. 537.
3. Бесекерский В. А., Попов Б. П. Теория систем автоматического регулирования - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1975 - 768 с.
4. Быков В. Ю., Биков В. В. Моделирование комп'ютерных интерактивных систем управления проектами // Управление проектами та розвиток виробництва. Зб. наук, праць / За ред. В. А. Рач - 2000 - № 1- С. 36-46.
5. Данилин А. Р., Житомирский В. Г. Об алгоритмическом подходе к оценке трудности заданий по математике // Проблемы комплексного использования вычислительной техники в народном образовании: Сб. науч. тр. / Свердлов, гос. пед. ин-т- Свердловск, 1980-С. 177-183.
6. Житомирский В. Г. Факторы, влияющие на успешность - Вестник высшей школы, 1972 - № 9 - С. 22-28.

7. Довгялло А. М. Диалог пользователя с ЭВМ. Основы проектирования и реализации-К.: Наукова думка, 1981.-232 с.

8. Лантев О. Н. Система автоматизированной проверки знаний: Метод, разраб. / Свердлов, пед. ин-т - Свердловск, 1985 - 106 с.

9. Ніканова І. Ю Пвякель Н. І. Читабельність тексту // Комп'ютерна технологія навчання: Словник-довідник.- К.: Наукова думка, 1992.- 596 с.

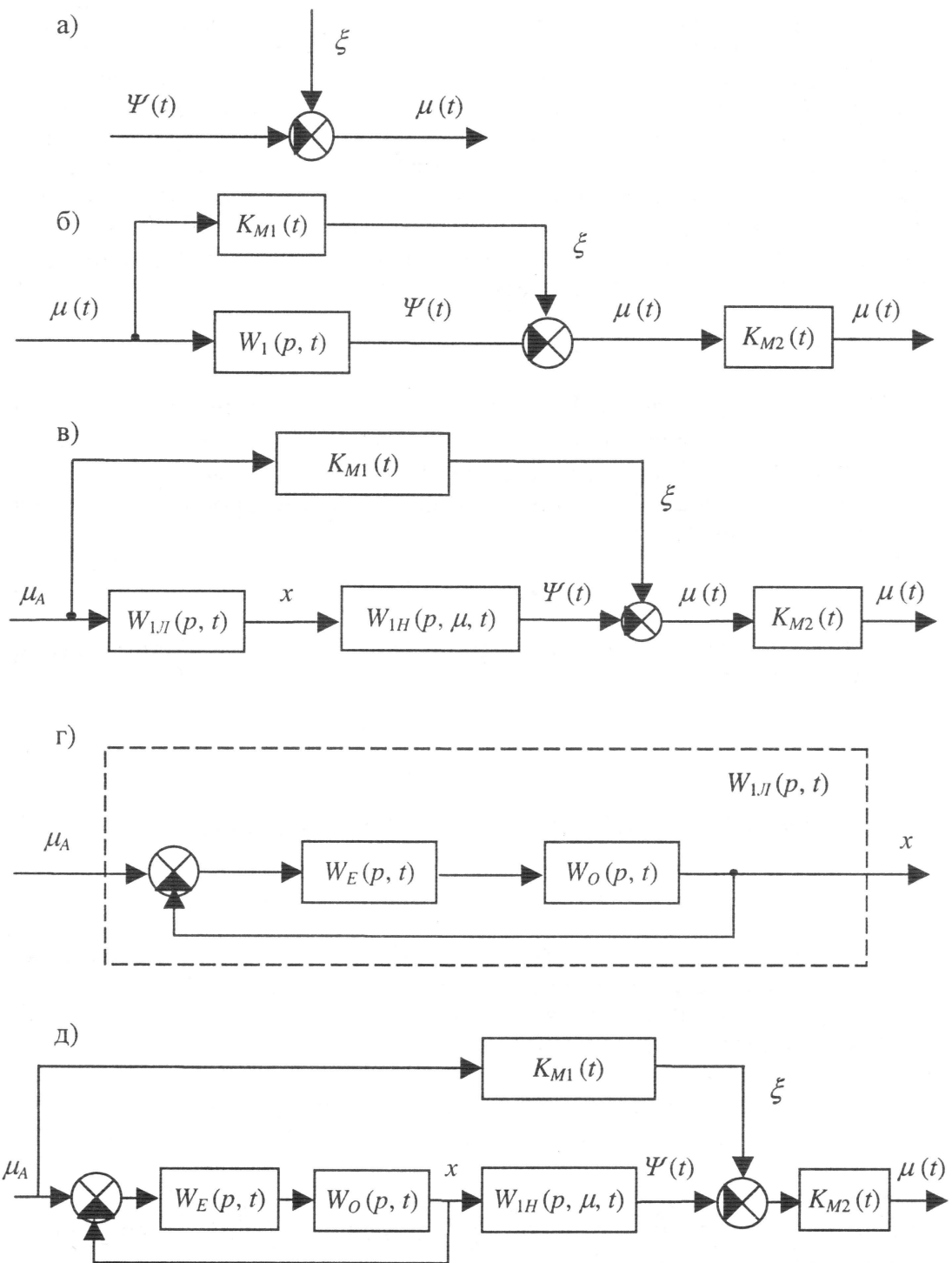


Рис. 1. Еволюція модельного представлення інтерактивної розв'язувальної системи