

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ

1. Вступ

Системний (модельний) підхід, в основу якого покладено поняття математичної моделі об'єкта, застосовується з відповідною метою (оптимальне оцінювання параметрів, керування, прогнозування, діагностика стану і параметрів, розпізнавання та ін.) та широко використовується в різних галузях (наука, техніка, економіка, медицина та ін.). Як правило, розробниками сучасних методів системного аналізу та синтезу на його основі досконаліших систем є вчені-викладачі навчальних закладів (штатні та сумісники). Парадокс полягає в тому, що створюючи найдосконаліші складні системи вчені-викладачі чомусь обминають галузь в якій працюють - освіту. Остання ж потребує серйознішого системного аналізу з наступною оптимізацією. Існуючі “нечіткі” моделі молодого спеціаліста – це перелік питань з відповідної спеціальності, які він повинен знати, вміти, володіти в них навичками. Це – паспорт спеціаліста. Такий показник якості спеціаліста, сформульований багато років тому, в еру відсутності потужних обчислювальних та інформаційних засобів (ЕОМ, Інтернет, тощо), не відповідає сучасним вимогам і технічним можливостям. Він є морально застарілим, таким, що дає якісну, а не кількісну оцінку. Відсутність чіткого, математично-формалізованого критерію (цілі) відповідної освіти призводить до недостатньої цілеспрямованості матеріалу окремих курсів на кінцевий результат – створення спеціаліста у відповідній галузі. Учебні плани і програми в більшості написано “по максимуму”. За умови обмеженості і неефективності використання часу навчального процесу вони реалізуються не повністю і сприймаються навчаємим ще в меншій мірі. Оцінювання знань носить дуже наближений, інколи не об'єктивний характер. Як правило оцінки завищуються викладачем, щоб зберегти зовнішній імідж навчального закладу та викладача, а також внаслідок недостатності часу для проведення поточного об'єктивного контролю знань, вмінь і навичок. То ж деякі вищі навчальні заклади перетворюються в “потёмкинские деревни”: зовні – густо, в середині – порожньо.

2. Системний підхід

Глибокий і стабільний у часі рівень засвоєння знань про той чи інший об'єкт досягається шляхом застосування сучасного системно-теоретичного підходу. В його основу покладено поняття математичної моделі процесів, що відбуваються в реальному об'єкті, а саме їх взаємозв'язок, тобто виявлення і кількісне визначення математичної залежності між причинними і наслідковими змінними реального об'єкту. Складовими системно-теоретичного підходу є:

- моделювання – процес отримання математичної моделі досліджуемого (контролюемого) об’єкту на основі апіорної інформації, а якщо її не достатньо, то – шляхом експериментальних досліджень (задача ідентифікації);
- математичний аналіз – процес вивчення об’єкта по його математичній моделі;
- математичний синтез – вибір закону керування об’єктом, який забезпечує бажані характеристики роботи системи;
- практична перевірка якості синтезованої системи;
- процес створення реальної системи: проектування, реалізація, дослідна експлуатація, натурні випробування, доробка системи, подальше повторення цих підетапів до отримання бажаного результату.

Якість кінцевого результату і швидкість його отримання (кількість повторень етапів) перш за все буде залежити від якості першого (базового) етапу – етапу моделювання, тобто побудови такої математичної моделі реального об’єкта, з допомогою якої досягається найкраще вирішення кінцевої задачі (головної цілі). Назвемо таку модель цілеорієнтованою. Визначення цілеорієнтованої моделі є головною задачею етапу моделювання.

3. Узгодження показників якості

Збіжність релаксаційних процесів [1] оптимізації в багаторівневих системах можна суттєво покращити за умови подібності варіацій функціоналів суміжних рівней (J і I) моделі досліджуемого об’єкта [2] в просторі варіюємих параметрів β . Очевидно, що якщо I , як показник якості вирішення головної задачі на об’єкті за допомогою моделі, дуже чутливий до похибки в оцінюванні i -ї компоненти β_i вектора β параметрів моделі і мало чутливий до j -ї (β_j), то бажано мати оцінку β_i точнішу, ніж β_j . Зрозуміло також, що екстремальні значення I^* і J^* повинні відповідати одному і тому ж значенню β^* . Враховуючи, що перші варіації J і I в екстремальній точці β^* нульові, отримаємо варіації другого порядку:

$$\delta I(\delta\beta) \cong \delta\beta^T \cdot \frac{\partial^2 I}{\partial\beta \cdot \partial\beta^T} |_{\beta^*} \cdot \delta\beta, \quad \delta J(\delta\beta) \cong \delta\beta^T \cdot \frac{\partial^2 J}{\partial\beta \cdot \partial\beta^T} |_{\beta^*} \cdot \delta\beta. \quad (1)$$

Умова подібності варіацій:

$$\frac{\partial^2 I}{\partial\beta \cdot \partial\beta^T} |_{\beta^*} = K \cdot \frac{\partial^2 J}{\partial\beta \cdot \partial\beta^T} |_{\beta^*}. \quad (2)$$

Для фіксованих значень δJ , δI подібними будуть еліпсоїди розсіювання $\delta\beta$, тобто поверхні рівного значення варіації δJ і δI , де коефіцієнт K в (2) залежить від інформативності експерименту. Очевидно, що з метою узгодженості функціоналів якості багаторівневої системи бажано зберігати їх подібності у просторі оцінюємих параметрів β . Тоді, за умови обмеженості точності обчислення функціоналів, еліпсоїди розсіювання оцінок $\hat{\beta}$

також будуть подібними, тобто похибки $\delta\beta_i$ ($i=\overline{1, n}$) оцінок $\hat{\beta}_i$ складових вектора β розподіляються між собою так, щоб варіація головного показника $\delta I(\delta\beta)$ була мінімальною.

4. Оптимізація процесу навчання на основі системного підходу

4.1. Узгодження показників. Розглянемо, як використати системний підхід для задачі оптимізації технології навчання. Процес набуття знань об'єктом, що навчається (далі навчаємим), будемо розглядати як трирівневу систему, де показник Λ третього рівня ієрархії процесу навчання, це кількісна оцінка рівня підготовки навчаемого. Він дорівнює лінійній згортці взважених експертами – замовниками спеціаліста оцінок I_q відповідних спеціальних предметів:

$$\Lambda(\eta_3, I_q, q = \overline{1, n_2}) = \sum_{q=1}^{n_2} \eta_{3q} \cdot I_q, \sum_{q=1}^{n_2} \eta_{3q} = 1. \quad (3)$$

де $\eta_3^T = [\eta_{31}, \dots, \eta_{3n_2}]$ – експертні оцінки ваги кожного з q -х спецпредметів в показнику Λ . Для цього слід провести опитування експертів – спеціалістів – замовників майбутнього спеціаліста: навчальний процес повинен бути чітко зорієнтованим на замовника майбутніх спеціалістів. Для кожного спеціального предмету I_q повинен лежати в однакових межах, наприклад $[0 \div 100]$ балів. Таким чином, відбувається цілеорієнтація предметів на показник Λ вищого рівня (вимоги замовника). Можливо більш детальне представлення q -х спецпредметів q_i -ми підрозділами. Тоді вага η_{3q} q -го спецпредмету складається, як нормована відповідним чином сума

$$\eta_{3q} = \sum_{i=1}^{m_q} \eta_{qi}, \quad q = \overline{1, n_2}, \quad (4)$$

де η_{qi} – коефіцієнти ваги i -го підрозділу q -го спецпредмета.

2) Показник I_q ($q = \overline{1, n_2}$) другого рівня ієрархії процесу навчання визначається, як згортка зважених експертами-спеціалістами по q -й спеціальній оцінок J_{qk} k -тих фундаментальних та загально-інженерних дисциплін:

$$I_q(\eta_2, J_{qk}, k = \overline{1, n_{q1}}) = \sum_{k=1}^{n_{q1}} \eta_{2qk} \cdot J_{qk}, \quad (5)$$

де η_{2qk} , аналогічно до (4), можуть бути отримані як нормована сума:

$$\eta_{2qk} = \sum_{i=1}^{m_{qk}} \eta_{1qki}, \quad k = \overline{1, n_{q1}}. \quad (6)$$

В свою чергу на нижньому рівні ієрархії, показник J_{qk} визначається, як згортка векторів β_{kqn} параметрів $(\beta_{1kqn}, \beta_{2kqn})$ моделі навчаемого, отри-

маних за результатами ідентифікації моделі навчаємого в процесі навчання фундаментальним, загально – інженерним та спеціальним дисциплінам:

$$J_{kq}(\beta_{kqn}) = \sum_{n=1}^{m_{kq}} \eta_{1kqn} \cdot \beta_{kqn}, \sum_{n=1}^{m_{kq}} \eta_{1kqn} = 1, \quad (7)$$

де η_{1kqn} – експертні оцінки важливості знань k_{qn} -ого підрозділу відповідної n -ої дисципліни для ефективного засвоєння k_q -го підрозділу q -ї спеціальності.

Отже, в результаті маємо композицію трьох взаємоузгоджених критеріїв:

$$\Lambda(I(J(\beta))) = \sum_{q=1}^{n_2} \eta_{3q} \left(\sum_{k=1}^{n_{1q}} \eta_{2kq} \left(\sum_{n=1}^{m_{kq}} \eta_{1kqn} \cdot \beta_{kqn} \right) \right), \quad (8)$$

де параметри β_{kqn} моделі навчаємого визначаються в процесі навчання на основі комп’ютерного поточного і остаточного тестування. Коефіцієнти η_3, η_2, η_1 , дають можливість цілеорієнтувати на головний показник Λ кожний елемент системи і процесу навчання так, що важливі (в розумінні оптимальності Λ) підрозділи будуть мати більшу вагу в оцінці рейтингу, не важливі – меншу. Таким чином реалізуються умова (2), узгодженості показників якості Λ, I, J . В кінцевому результаті маємо Λ (8), як функцію β .

4.2. Модель навчаємого та її ідентифікація. В процесі навчання навчаємого відповідний k_q -й дисципліні бажано поряд з традиційною не параметричною (бальною) оцінкою, а то і замість неї, мати параметричну оцінку знань на основі оцінювання параметрів β моделі, які б більш узагальнено характеризувати навчального, як об’єкт навчання.

Враховуючи дискретність у часі подачі окремих блоків інформації, доцільно нею скористатись для одночасного навчання і оцінювання рівня знань. Для цього пропонується кожне заняття закінчувати комп’ютерним тестуванням з бальною оцінкою засвоєння матеріалу поточного заняття, наприклад, в діапазоні $[0 \div 100]$ балів. Наступне заняття слід починати з того ж тесту попереднього заняття, знову оцінюючи залишкові за час T_3 попереднього заняття знання $x(T)$. Такий підхід дає змогу визначити оцінки двох параметрів k і τ моделі навчаємого, як інерційної ланки першого порядку:

$$\tau \frac{dx}{dt} + x = K_0 U, \quad (9)$$

де K дорівнює відношенню кількості балів $x(0)$ в кінці поточного заняття до 100; це коефіцієнт засвоєння знань на поточному занятті,

τ – стала часу забування знань попереднього заняття на момент T поточного заняття, яка згідно до рішення рівняння (9) і інтервалу T між заняттями буде дорівнювати:

$$\tau = T(\ln K_0 - \ln K(T))^{-1}. \quad (10)$$

K_0 змінюється від 0 (відсутність знань по блоку) до 1 (повністю засвоєний блок); τ змінюється від 0 (майже все забув) до нескінченності (все запам’ятав). Таким чином маємо двопараметричну модель ($\beta_2 = \tau$) з послідовною оцінкою параметра K_0 , а по ньому τ на кожному занятті.

Регуляризовані оцінки \hat{K}_g , $\hat{\tau}_g$ знань по g -й дисципліні визначаються з урахуванням похибки σ_n тестування на кожному n -ому занятті, пов’язаної з кінцевою кількістю задач в тесті та ваги $\eta_{1kgn}^\Lambda = \eta_{1kgn} \cdot \eta_{2kg} \cdot \eta_{3g}$:

$$\hat{K}_{0g} = \frac{\sum_{n=1}^N \eta_{1kgn}^\Lambda \cdot \sigma_{k0}^{-2} (\hat{K}_0(kgn) - \sigma_{k0})(n)}{\sum_{n=1}^N \eta_{1kgn}^\Lambda \cdot \sigma_{k0}^{-2}(n)}, \quad \tau_g = \frac{\sum_{n=1}^N \eta_{1kgn}^\Lambda \cdot \sigma_{\tau}^{-2} (\hat{\tau}_{kgn} + \sigma_{\tau}(n))}{\sum_{n=1}^N \eta_{1kgn}^\Lambda \cdot \sigma_{\tau}^{-2}(n)}, \quad (11)$$

де $\sigma_{k0}(n)$ і $\sigma_{\tau}(n)$ – середньоквадратичні похибки, пов’язані з дискретністю і кінцевістю шкали тесту. Наприклад, якщо тест з 10 задач, то $\sigma_{k0}(n) = 0.1$, $\sigma_{\tau}(n) = 0.1 \cdot \hat{\tau}_{kgn}$. За такого підходу повністю комп’ютеризується і оптимізується по головному показнику Λ задача контролю знань та існує можливість для оперативного керування процесом навчання шляхом зміни інтервалу T , повторенням блоків, додаткових індивідуальних консультацій, тощо. Маючи модель (9) студента і ціль (8), можна реалізувати адаптивне (до змінних у часі параметрів K_0 і τ) керування процесом навчання. Поточний сумарний цілеорієнтований рейтинг на момент n -го заняття може бути визначений за рекурентним зваженим методом найменших квадратів [2]. Далі, за необхідністю, параметрам K_0 і τ моделі навчаємого можна поставити у відповідність традиційну бальну оцінку. Для цього площину (K_0, τ) слід розбити шляхом експертного оцінювання на відповідні області.

Література

1. Любич Ю.И., Майстровский Г.Д. Общая теория релаксационных процессов.- Успехи математических наук, 1970, 1, с.57-112.
2. Сильвестров А.Н, Чинаев П.И. Идентификация и оптимизация автоматических систем. М. Энергоатомиздат, 1983. 280с.

Получено 04.11.2008