Problémy riadenia v mnohovrstvovom hierarchickom systéme

J. ULIČNÝ — A. VAVRÍK

1. Úvod

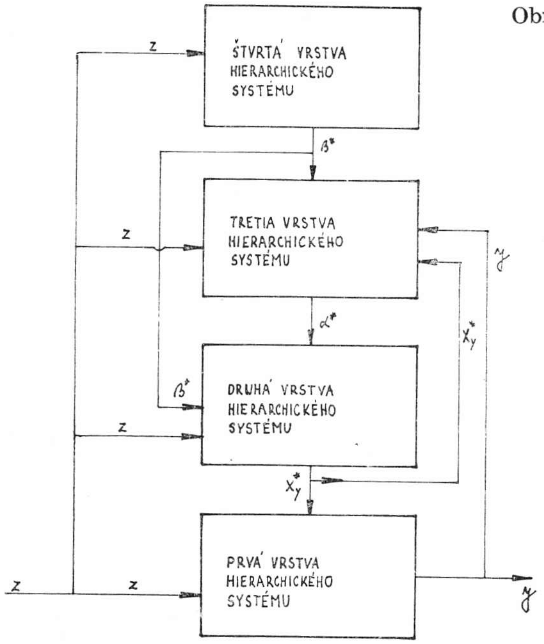
V poslednom desaťročí sme svedkami nebývalého záujmu o problémy riadenia procesov a optimalizácie zložitých systémov s hierarchickou štruktúrou. Tento záujem podmieňuje jednak búrlivý rozvoj výpočtovej techniky, jednak úsilie budovať integrované automatizované systémy riadenia, ktoré znižujú vlastné náklady vyrábanej produkcie.

Vo všeobecnosti problém optimalizácie pôsobenia akéhokoľvek systému spočíva v maximalizácii (alebo minimalizácii) niektorého kritéria opisujúceho funkčnú činnosť systému pri doplňujúcich podmienkach vyjadrujúcich vstupno-výstupné vzťahy systému a ohraničenia na jeho aktivitu. Pre väčšinu reálnych systémov s veľkým množstvom premenných a so zložitými vzťahmi medzi elementmi systému, ktoré sú pod neustálym vplyvom okolia, je to úloha veľmi zložitá.

Zložitosť pôsobenia takýchto systémov nás núti rozčleniť funkčnú činnosť riadenia systému do jednotlivých hierarchických vrstiev, ktoré nadväzujúc vertikálne na seba, plnia úlohu vyplývajúcu z optimalizácie kriteriálnej funkcie systému. Chceli by sme zdôrazniť rozdiel medzi pojmami mnohovrstvový riadiaci systém (o ktorom bude reč) a mnohoúrovňový hierarchický systém riadenia.

Mnohoúrovňové hierarchické systémy sú systémy s viacerými úrovňami, na ktorých sa nachádzajú jednotlivé elementy systému s rozličnou právomocou a zodpovednosťou vzhľadom na celkový cieľ systému [1]. Ak sa však náš záujem sústredí na ľubovoľný element hierarchického systému (na ktorejkoľvek úrovni), ktorý má riadiť určitý proces (bez rozdielu aký), tak funkčnú činnosť riadenia tohto elementu môžeme členiť do spomenutých hierarchicky usporiadaných vrstiev. Môžeme potom povedať, že mnohovrstvový riadiaci systém je podmnožinou hierarchického mnohoúrovňového systému.

Zjednodušená schéma mnohovrstvového riadiaceho systému je na obr. 1. Prvá vrstva hierarchického systému pôsobí priamo na proces a jej úlohou je udržiavať pomocou regulátorov premenné procesu v blízkosti ich referenčných hodnôt.



Obr. 1. Mnohovrstvový riadiaci systém.

x_y^* - REFERENČNÁ HODNOTA PREMENNEJ RIADENÉHO PROCESU,
α^* - PARAMETER MODELU RIADENIA,
β^* - PARAMETER ŠTRUKTÚRY MODELU RIADENIA,
z - FAKTOR VYJADRUJÚCI VPLYV OKOLIA NA SYSTÉM,
$\tilde{y}$ - VÝSTUP SYSTÉMU

Druhá vrstva uskutočňuje voľbu referenčných hodnôt premenných procesu vzhľadom na predpísanú účelovú funkciu systému.

Tretia vrstva zabezpečuje adaptívnu činnosť systému riadenia, t. j. mení parametre modelu riadenia zabezpečujúceho na druhej vrstve optimálnu činnosť systému.

Zmenu parametrov modelu riadenia si vynucuje zmena vplyvu okolia na systém, ktorá je síce značná, ale nenúti systém meniť štruktúru modelu riadenia.

Štvrtá vrstva má zmeniť štruktúru modelu riadenia v prípade, že sa zmena vplyvu okolia nemôže korigovať treťou vrstvou, t. j. zmenou parametrov modelu riadenia pri jeho pevnej štruktúre.

Treba poznamenať, že frekvencia rozhodovania jednotlivých vrstiev hierarchického systému sa prudko znižuje smerom k horným vrstvám riadiaceho systému, t. zn., že nižšie vrstvy sú oveľa aktívnejšie ako vyššie. Napríklad regulátory umiestnené na prvej vrstve riadiaceho systému sú v činnosti neustále. Druhá úroveň mení referenčné hodnoty premenných procesu iba vtedy, ak sa registruje určitá ,,hladina" zmeny vplyvu okolia na systém. Tretia vrstva zasahuje až vtedy, keď si zmena okolia vynucuje zmenu parametrov modelu riadenia, čo sa nestáva tak často. Napokon štvrtá vrstva, ktorej úlohou je meniť štruktúru modelu riadenia, zasahuje iba vtedy, ak predchádzajúci model riadenia (jeho štruktúra), vzhľadom na veľké zmeny vplyvu okolia na systéme, už nevyhovuje.

V nasledujúcej časti práce sa budeme predovšetkým zaoberať funkčnou činnosťou druhej a tretej vrstvy, pričom budeme predpokladať, že štruktúra modelu riadenia systému je daná.

2. Matematický model riadeného systému

Pod pojmom „matematický model" systému chápeme vzťah opisujúci správanie sa riadeného systému v danom prostredí. Z hľadiska analýzy funkčnej činnosti je pre analytika žiadúce mať matematický model, ktorý presne opisuje správanie sa systému (napr. v tvare funkčnej závislosti vstupov a výstupov systému).

V prípade, že analytik má k dispozícii takýto „presný" model systému, často stačí použiť známe metódy optimalizácie na získanie zákona riadenia funkčnej činnosti systému. Ak však model systému je príliš zložitý,odvodenie zákona riadenia je prakticky nemožné, najmä ak systém pôsobí pri zmene vonkajšieho prostredia, ktoré podstatne ovplyvňuje presnosť vzťahu opisujúceho zákon riadenia. Z tohto hľadiska je potom účelnejšie aproximovať model systému tak, aby zákon riadenia systému bolo možné odvodiť zo vzťahov opisujúcich správanie sa systému v danom prostredí a usilovať sa prispôsobovať (adaptovať) aproximovaný model systému jeho presnému modelu v oblasti optima funkčnej činnosti systému, vzhľadom na zmenu jeho vonkajšieho prostredia.

V tejto časti práce sa budeme zaoberať obsahovou stránkou aproximácie modelu systému. Budeme predpokladať, že cieľom riadenia systému je jeho optimálna funkčná činnosť pri zmene vplyvu vonkajšieho prostredia. Ďalej budeme predpokladať, že účelová funkcia vyjadrujúca kritérium optimálnej činnosti systému je explicitná analytická funkcia vstupov a výstupov systému. Napokon predpokladáme, že máme k dispozícii presný model systému spolu s ohraničeniami na funkčnú činnosť systému.

Problém aproximácie modelu systému spočíva potom:

1. v určení štruktúry aproximovaného modelu systému (t. j. formy matematického zápisu),
2. v určení parametrov aproximovaného modelu systému spojenom s konkrétnou štruktúrou modelu systému.

Tento aproximovaný model systému použijeme potom na riadenie systému v blízkosti jeho optimálnej funkčnej činnosti.

Ako sme už uviedli, predpokladáme, že systém pôsobí pod vplyvom vonkajšieho prostredia. Pod vonkajším prostredím budeme chápať vplyv okolia na systém. Nevylučujeme v tomto prípade ani vplyv iných systémov na náš systém. Budeme však predpokladať, že z hľadiska súčasnej analýzy systému sú nám hodnoty veličín reprezentujúce vplyv okolia v ďalšej činnosti systému neznáme. Tento predpoklad je logický, pretože ak v súčasnosti prijímame riešenie pre budúce pôsobenie systému, tak spravidla nepoznáme napr. hodnoty výsledkov iných systémov, ktoré v našom prípade budeme môcť registrovať paralelne až s výstupmi nášho systému (t. j. v každom prípade po predchádzajúcom prijatí riešenia pre náš systém). Potom z hľadiska súčasnej voľby riešenia pre náš systém, pre jeho budúcu funkčnú činnosť, budeme parametre reprezentujúce vplyv okolia na systém pokladať za neurčité faktory. O neurčitom faktore budeme predpokladať, že je to premenná, o ktorej vieme iba toľko, že patrí do vopred známej množiny. Napr. je nám známe, že teplota okolia v nasledujúcom období sa bude udržovať iným systémom v určitom rozpätí, aj keď budúce hodnoty teploty nepoznáme. Podobne nám môže byť známe, že kvalita výrobku iného systému (ktorý je naším subdodávateľom) bude kolísať v istých medziach, ktoré subdodávateľ zaručuje, ale nemôže sa zaručiť, že kvalita jeho výrobku v nasledujúcom období bude presne určitej hodnoty.

Vzhľadom na neurčité faktory vyskytujúce sa vo vzťahoch opisujúcich systém, musíme potom uvažovať takto:

— konštrukcia aproximovaného modelu systému musí vychádzať z predpokladaných hodnôt neurčitého faktora,
— neurčitý faktor reprezentuje v podstate nestacionárnu veličinu. Jej stacionárnosť budeme predpokladať iba v určitom časovom intervale, počas ktorého budú hodnoty neurčitého faktora patriť do vopred známej množiny tohto faktora,
— aproximovaný model systému sa musí periodicky prispôsobovať presnému modelu. Zmenu period v tomto prípade vyvoláva zmena množiny neurčitého faktora,
— z konkrétnych hodnôt neurčitého faktora, nameraných v predchádzajúcich periódach pôsobenia systému, možno určiť zákon rozloženia neurčitého faktora budúcej periódy.

Samozrejme, predchádzajúce úvahy sa vzťahujú na predpoklad, že k zmene štruktúry aproximovaného modelu systému nedošlo. V prípade, že zmeny vplyvu okolia sú také veľké, že zmena parametrov v predchádzajúcej štruktúre modelu nestačí eliminovať rozdiel medzi aproximovaným a presným modelom systému, je nevyhnutná zmena štruktúry aproximovaného modelu. Predpokladá sa však, že k takýmto zmenám dochádza veľmi zriedkavo, tak ako sme uvažovali v predchádzajúcej časti práce.

Pripomeňme si ešte jednu vážnu skutočnosť. Je zrejmé, že výsledok riešenia druhej vrstvy, t. j. voľba referenčných hodnôt premenných procesu závisí od použitého modelu riadenia. Potom je tiež zrejmé, že aproximovaný model systému (t. j. jeho štruktúra a parametre) musí byť konštruovaný tak, aby sme dosiahli maximum očakávanej hodnoty účelovej funkcie systému. Predpokladá sa, že účelová funkcia systému explicitne závisí od výstupu modelu systému, neurčitého faktora a zákona riadenia (t. j. výstupu algoritmu riadenia).

Na záver tejto časti článku si dovolíme pripomenúť, že v literatúre, zaoberajúcej sa teóriou optimálneho riadenia, dosť často sa stretávame pri výpočte parametrov aproximálneho modelu systému s použitím metódy najmenších štvorcov. Táto metóda predpokladá minimalizáciu kvadrátu určitej funkcie rozdielu medzi výstupmi systému a jeho aproximovaného modelu pri spoločných výstupoch. Toto kritérium môže vyhovovať konštrukcii modelov na získanie predikovaných hodnôt výstupu systému, ale nehodí sa na konštrukciu modelu systému, pomocou ktorého sa má systém riadiť.

Dá sa dokázať, že ak sa aproximovaný model systému nebude presne zhodovať so skutočným opisom systému (pri aproximovanom modeli volíme vždy jednoduchšiu štruktúru, ktorá dostatočne presne opisuje systém iba v oblasti jeho optimálnej činnosti, nie však v celej šírke jeho pôsobnosti), parametre modelu určené na základe metódy najmenších štvorcov (ako sme sa už o tom zmienili) nedávajú dobrý výsledok z hľadiska maxima matematickej nádeje účelovej funkcie systému.

3. Určovanie parametrov aproximovaného modelu systému

Nech účelová funkcia systému je zadaná takto:

$$g(x, z) = G[x, y] \,, \tag{1}$$

kde

$$y = P(x, z) \tag{2}$$

je model systému so vstupmi x, z ($z \in Z$) a výstupom y.

Ako sme spomenuli v predchádzajúcich častiach práce, cieľom riadenia systému je maximalizácia účelovej funkcie $g(x, z)$, na čo slúži premenná x, ktorú budeme nazývať riadiacou premennou systému.

Pri riadení systému budeme uvažovať ohraničenie na vstupné premenné tohto charakteru:

$$h(x, z) \geqq 0 \,. \tag{3}$$

Premenná z ($z \in Z$) reprezentuje spomínaný neurčitý faktor. Množina Z je množina neurčitého faktora.

Sformulovanú úlohu systému si môžeme formálne zapísať takto:

$$\left\{ \begin{array}{lll} \max\limits_{x} g(x, z) & \rightarrow \; \tilde{x}^0(z) \,, & z \in Z \\ h(x, z) \geqq 0 & & \end{array} \right. \tag{4a}$$

Riešenie úlohy (4a), t. j. funkcia $\tilde{x}^\circ(z)$ predstavuje absolútne optimálny zákon riadenia systému.

V našich ďalších úvahách budeme predpokladať, že riešenie úlohy (4a) existuje, ale vzhľadom na zložitosť výrazu $P(x, z)$ pokladáme získanie spojitej funkcie $\tilde{x}^\circ(x)$ na množine Z pomocou (4a) za možné iba v tých najjednoduchších, z hľadiska reálnych procesov netypických prípadoch. Keby sme riešenie $\tilde{x}^\circ(z)$ mali k dispozícii, stačilo by túto funkciu dosadiť do výrazu (2) a výstup $\tilde{y}^\circ$ modelu systému $P(\tilde{x}^\circ(z)z)$ by určoval optimum funkcie g pri ľubovoľnej hodnote neurčitého faktora $z(z \in Z)$.

V predchádzajúcej časti práce sme hovorili, že pôsobenie systému vykazuje určitú periodickosť, ktorá sa viaže na zmenu množiny Z a zmenu štatistických charakteristík neurčitého faktora z. Predpokladajme, že k týmto zmenám dochádza po nejakom časovom intervale T_3 ($T_3 \ll T_4$), kde sa T_3 viaže na tretiu a T_4 na štvrtú vrstvu hierarchického systému.

Označme si τ-tú periódu pôsobenia systému takto:

$$\begin{array}{l} \pi_\tau = \{t : \tau T_3 \leqq t < (\tau + 1)T_3\} \,, \quad \forall \tau \in \Pi \\ \Pi = \{\tau : \tau = 1, 2, \ldots\} \,, \end{array}$$

kde platí

$$z(t) \in Z(\tau); \ \forall t \in \pi_\tau \ ; \ \tau \in \Pi$$
$$Z(\tau) \neq Z(\tau + 1) \ ; \ \tau \in \Pi$$

V ďalších úvahách budeme vychádzať z predpokladu, že systém má v závere súčasnej (τ — 1) periódy pôsobenia určiť riešenie $\tilde{x}^*_\tau(z)$ pre nasledujúcu periódu τ. Časový úsek, na ktorom systém určuje riešenie $\tilde{x}^*_\tau$, nazvime etapou plánovania (EP) systému. Etapa realizácie (ER) riešenia $\tilde{x}^*_\tau(z)$ sa potom zhoduje s časovým intervalom periódy τ.

Z predošlých úvah vyplýva, že na EP systém nemôže poznať konkrétne hodnoty faktora z budúcej periódy τ. Pozná iba množinu $Z(\tau)$. Predpokladá sa však, že na ER systém bude poznať konkrétne hodnoty Z_ν ($Z_\nu \in Z(\tau)$) faktora z.

Aproximujme teraz funkciu (2) funkciou

$$y^* = P^*(x, z, \alpha) \ . \tag{5}$$

Nech táto funkciu reprezentuje aproximovaný model systému. Budeme predpokladať, že funkcie P a P^* ako aj funkcia

$$\tilde{g}(x, z) = G(x, P(x, z)_\lambda \ .$$

sú dvakrát diferencovateľné vzhľadom na premenné x a z, ďalej budeme predpokladať, že vďaka aproximácii funkciou $P^*(x, z, \alpha)$ možno úlohu

$$\begin{cases} \max\limits_{x} G[x, P^*(x,z,\alpha)] \ \rightarrow \ \tilde{x}^*_\tau \ (z,\alpha) \ ; \ z \in Z \ ; \ \forall \tau \in \Pi \\ h(x,z) \geqq 0 \end{cases} \tag{4b}$$

vyriešiť analytický (napr. použitím pokutových funkcií) vzhľadom na ohraničenia $h(x,z) \geqq 0$ [2]. V riešení $\tilde{x}^*_\tau$ (α,z), $z \in Z(\tau)$ ostáva, samozrejme, ešte neznámy parameter α. Pri určovaní tohto parametra na tretej vrstve hierarchického systému budeme postupovať takto:

Predpokladajme, že účelovú funkciu (1) možno zapísať

$$g = \varphi(y) + \Psi(x) \ . \tag{6}$$

Aj v tomto prípade budeme predpokladať, že funkcie φ, ψ, sú dvakrát diferencovateľné vzhľadom na svoje argumenty. Pre zjednodušenie problému si zaveďme funkcie η a η^*, pričom platí:

$$\eta = \varphi(y); \quad \eta^* = \varphi(y^*) \ . \tag{7}$$

Určime si teraz funkciu δ výrazom

$$\delta(x,z,\alpha) = \frac{\partial \eta^*}{\partial x} - \frac{\partial \eta}{\partial x}. \tag{8}$$

Sformulujme si teraz vetu:

Veta 1. Parameter α^*_τ určuje riešenie $\tilde{x}^*_\tau(\alpha^*_\tau, z)$ ($\forall z \in Z(\tau)$) vyhovujúce nevyhnutným podmienkam maxima funkcie (6) pri ohraničeniach (3), vtedy a iba vtedy, ak platí

$$\delta[\tilde{x}^*(\alpha^*,z),\alpha^*,z] = 0 \ . \tag{9}$$

Dôkaz: Napíšme si funkciu Lagrangea

$$L = \eta + \psi(x) + \mu h(x,z) \ , \tag{10}$$

kde μ je Lagrangeov multiplikátor [3]. Deriváciou (10) podľa x dostávame:

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial x} + \mu \frac{\partial h}{\partial x}. \tag{11}$$

Vypočítajme z (8) $\partial\eta/\partial x$ a dosaďme do (11). Dostaneme

$$\frac{\partial L}{\partial x} = -\delta + \frac{\partial \eta^*}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial x} + \mu \frac{\partial h}{\partial x}. \tag{12}$$

V úlohe (4b) sme však použili model $P^*(x,z,\alpha)$, v dôsledku čoho jej riešenie $\tilde{x}^*(\alpha,z)$ je taká funkcia, že pre každé $\tilde{x} = \tilde{x}^*$ platí

$$\mu \geq 0 \ , \quad \mu h(x,z) = 0 \ , \quad h(x,z) \geq 0 \tag{13}$$

$$\frac{\partial \eta^*}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial x} + \mu \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \, , \tag{14}$$

čo sú nevyhnutné podmienky existencie maxima funkcie (6) pri ohraničeniach (3) [3].
Potom z (12) a (14) dostávame

$$\left(\frac{\partial L}{\partial x}\right)_{\tilde{x} = \tilde{x}^*} = -\ \delta[\tilde{x}^*(\alpha^*,z),\ \alpha^*,z]. \tag{15}$$

Ak vhodnou voľbou parametra $\alpha = \alpha^*$ dosiahneme, že funkcia δ sa bude rovnať nule, potom sú všetky nevyhnutné podmienky pre existenciu maxima funkcie g pri ohraničeniach (3) na množine bodov krivky $\tilde{x}^*(\alpha^*,z)$ $(\forall z \in Z)$, splnené. Naopak, ak všetky nevyhnutné podmienky preto, aby funkcia g nadobudla maximum pri ohraničeniach (3) sú splnené, potom z výrazu (15) vyplýva, že $\delta = 0$. Veta je dokázaná.

Všimnime si, že funkcia δ definovaná výrazom (8) je určená rozdielom gradientov funkcií η^* a η. Veta 1. tvrdí, že optimálna hodnota parametra α^* sa dosahuje na základe „zhody" gradientov funkcií η a η^*. V našom prístupe sme nepoužívali klasický spôsob porovnania výstupov modelov y^* a y, aby sme získali optimálnu hodnotu parametra α. Poukážme si na odlišnosť týchto dvoch prístupov na jednoduchom príklade.

Uvažujme tento model systému

$$y = axz + bx^2, \qquad z \in Z(\tau) \ . \tag{16}$$

Aproximovaný model systému nech bude

$$y^* = \alpha xz, \quad z \in Z(\tau) \ , \tag{17}$$

kde a, b sú konštanty a α je parameter aproximovaného modelu. Účelovú funkciu systému, ktorú treba maximalizovať, udáva výraz:

$$g = y - dx^2 \ ; \quad a,b,d > 0 \ ; \quad d > b \ . \tag{18}$$

Optimálny a aproximovaný zákon riadenia potom bude

$$\tilde{x}^{\circ}(z) = \frac{a}{2(d-b)} z \,, \qquad z \in Z(\tau) \,, \tag{19a}$$

$$\tilde{x}^{*}(\alpha,z) = \frac{\alpha}{2d} z \,, \qquad z \in Z(\tau) \,. \tag{19b}$$

Predpokladajme, že na základe „histórie" vplyvu okolia na systém bol na EP určený zákon rozloženia $\gamma_\tau(z)$ faktora z pre nasledujúcu periodu τ.

Aby sme pri výpočte parametra α_τ^* vychádzali z rovnakých podmienok v obidvoch odlišných prístupoch, zvoľme si kritériá pre optimálnosť hodnoty parametra α:

$$1.\quad D_1(\alpha) = \int_{Z(\tau)} \gamma_\tau(z)[y(\tilde{x}^*(\alpha,z),z) - y^*(\tilde{x}^*(\alpha,z),z,\alpha)]^2 \mathrm{d}z \; \to \; \min_{\alpha} \,, \tag{20}$$

$$2.\quad D_2(\alpha) = \int_{Z(\tau)} \gamma_\tau(z) \left[\frac{\partial \eta}{\partial x}(\tilde{x}^*(\alpha,z),z) - \frac{\partial \eta^*}{\partial x}(\tilde{x}^*(\alpha,z),z,\alpha) \right]^2 \mathrm{d}z \; \to \; \min_{\alpha} \,. \tag{21}$$

Veľmi ľahko sa presvedčíme, že pre ľubovoľne $\gamma_\tau(z)$ a $Z(\tau)$ minimum funkcie $D_1(\alpha)$ bude pri

$$\alpha_1^* = \frac{2ad}{2d-b} \tag{22a}$$

a minimum funkcie $D_2(\alpha)$ bude pri

$$\alpha_2^* = \frac{ad}{d-b} \,. \tag{22b}$$

Určime si za pomoci zákona riadenia $\tilde{x}^*(\alpha,z)$ hodnotu účelovej funkcie g Dostávame:

$$\tilde{g}(\alpha,z) = \frac{\alpha}{2d}\left(a + \frac{b-d}{2d}\alpha\right) z^2 \,. \tag{23}$$

Označme si teraz g_1, g_2 takto:

$$g_1 = \tilde{g}(\alpha_1^*,z) \,, \qquad z \in Z(\tau) \,, \tag{24a}$$

$$g_2 = \tilde{g}(\alpha_2^*,z) \,, \qquad z \in Z(\tau) \,. \tag{24b}$$

Veľmi ľahko dokážeme, že pre $d > 0$; $d > b$ bude výraz

$$g_2 - g_1 = a^2 \left[\frac{1}{4(d-b)} - \frac{d}{(2d-b)^2} \right] z^2$$

kladne definitný pre ľubovoľné z ($z \in Z(\tau)$) .

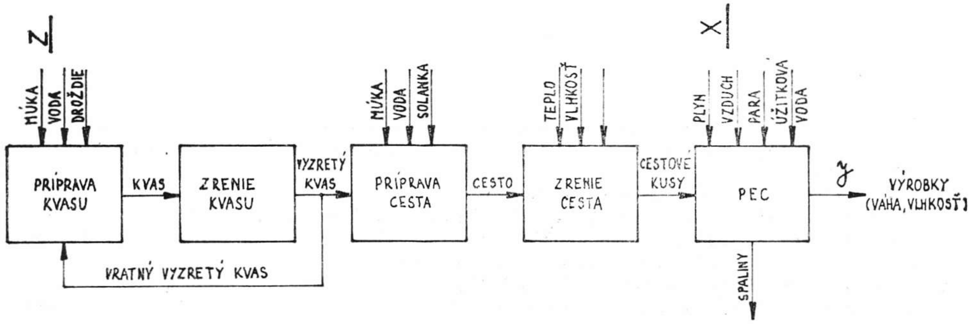
Rozdiel týchto dvoch veličín môže byť podstatný a závisí od vzťahov medzi hodnotami d, b, a.

Tento veľmi jednoduchý príklad poukazuje nielen na možnosť výpočtu optimálneho parametra α^* porovnaním gradientov modelov systému, ale aj na prednosti tohto prístupu pred klasickým prístupom porovnávania adekvátnych výstupov modelov pri spoločnom vstupe, t. j. metódy najmenších štvorcov.

Úpravou výrazu $D_2(\alpha)$ pre praktický výpočet parametra α_τ^* na tretej vrstve hierarchického systému sa budeme zaoberať v iných prácach.

4. Aplikácia riadenia viacvrstvového hierarchického systému

Pre potravinársky technologický proces (napr. výrobu chleba a pečiva) má najdôležitejší význam riadenie optimálnej technológie pečenia, ktorá sa líši pre jednotlivé druhy výrobkov charakteristickou teplotnou krivkou, vlhkosťou a dobou pečenia. Parametre optimálneho pečenia treba prispôsobovať vstupnej surovine (kusom cesta) vyrobenej v predchádzajúcich linkách na výrobu kvasu a cesta, zrenie a delenie cesta, uvedených na obr. 2. Vstupná surovina (cesto) mení tieto parametre: hmotnosť, tvar, zloženie (obsah cukru, vlhkosť, konzistenciu, kyprosť). Systém riadenia parametrov pečenia ovplyvňuje aj hustota osadenia pečnej plochy pásu. Kvalita výroby cesta, doba pečenia i ostatné parametre pečenia sa neustále upresňujú v technologickom procese. Tieto parametre sú potrebné na tvorbu matematických aproximovaných modelov pri optimálnom riadení, ktoré sme opísali v predchádzajúcich odsekoch.



Obr. 2. Bloková schéma chlebovej linky.

Matematický model procesu podľa uvedenej blokovej schémy vyjadruje rovnica (2). Účelovú funkciu systému udáva rovnica (1). Účelovú funkciu možno vyjadriť v tvare

$$g = cy(x,z) - px, \quad x \in X, z \in Z \tag{26}$$

ktorú riadením maximalizujeme,

kde g — zisk pri výrobe produkcie,

y — výstupný produkt (chlieb, pečivo),

x — energia potrebná na technologický proces,

c — cena výrobkov,

p — cena energií,
X, Z — množiny prvkov x, z.

Funkcia $y(x,z)$ reprezentuje opis výrobného procesu. Táto funkcia je analyticky veľmi zložitá a nevhodná na priame použitie známych optimalizačných metód [1]. Pri riešení úlohy optima, t. j. pri maximalizácii výrazu (26) na oblasti $X \times Z$ preto postupujeme podľa metódy uvedenej v predchádzajúcich odsekoch práce.

5. Záver

V práci opisujeme riadenie zložitého systému pôsobiaceho v podmienkach neurčitosti. Zložitosť funkčnej činnosti takéhoto systému nás núti rozčleniť (dekomponovať) funkčnú činnosť riadenia do jednotlivých hierarchicky na seba nadväzujúcich vrstiev. Tieto riadiace vrstvy plnia úlohu vyplývajúcu z optimalizácie kritéria systému, pričom sa predpokladá, že systém sa prispôsobuje zmenám okolitého prostredia. Pri odvodzovaní zákona riadenia používame model riadeného procesu. Predpokladáme však, že v dôsledku zmien vplyvu okolitého prostredia menia sa aj parametre procesu. V práci opisujeme novú metódu adaptácie modelu procesu na zmeny vonkajšieho prostredia, vhodnú na optimalizáciu činnosti systému v podmienkach neurčitosti. Dokazujeme nevyhnutné podmienky existencie optimálneho zákona riadenia určeného aproximovaným modelom systému.

Literatúra

[1] ULIČNÝ, J., Riadenie hierarchických výrobných systémov v podmienkach neurčitosti. Dizertácia na získanie vedeckej hodnosti doktora tech. vied. Bratislava 1976, 218 s.

[2] ZANGVIT, U. I.: Nelinejnoe programmirovanije. Sov. Radio (Moskva), 1973.

[3] KUHN, W. H. — TUCKER, A. W.: Nonlinear Programming. Procedings of the Second Berkley Symposium of Mathematical Statistics on Probability. Berkley, University of Carolina Press 1951, pp. 481—492.

[4] Kolektív: Dodatková správa plánu RVT za rok 1977 úlohy Nová generácia priebežných pekárenských pecí v optimálnom rade výkonových veľkostí. Praha VÚ potravinárskej a chladiacej techniky.

Уличны, Я., — Ваврик, А.

Проблемы управления в многослоевой иерархической системе

Выводы

В работе описывается управление сложной системы в условиях неопределенности. Предполагается, что функционирование управляющей системы вертикально разделяется в отдельные слои, как напр. регулирование, оптимализация, адаптация итд. Описывается новый подход для того, чтобы вывести закон управления сложной системой действующей в условиях неопределенности. Доказывается его оптимальность с точки зрения заданной цели системы.

Uličný, J., Vavrík, A.

Problems of management in multilayer hierarchy system

Summary

In the article management of complicated system in uncertainty conditions is described. We assume, that the function of managing system is vertically decomposed in single layers as for example regulation, optimalization, adaptation etc. A new access to law derivation of management of complicated system working in uncertainty conditions is described. Optimalization of this from the standpoint of ordered target of the system is demonstrated.