

A GÉPIPARI TERMÉKEK MŰSZAKI SZÍNVONALÁNAK TÖBBKRITÉRIUMOS ÉRTÉKELÉSI MÓDSZERE

M. G. Gaft—V. I. Sergeev—

M. B. Tihonov

Szovjetunió Tudományos Akadémiája Blagonravov Géptani Intézete, Szovjetunió Nemzetközi Tudományos és Műszaki Információs Központ, Moszkva

A gépipar feladata, hogy lényegesen emelje termékeinek műszaki színvonalát. Ezzel kapcsolatban nagy jelentőségű mind a gyártott, mind a tervezett, nem unikális gépipari termékek műszaki színvonalát értékelő módszer kidolgozása. Melyek az e módszerrel szemben támasztható követelmények?

A módszer:

- ◆ legyen univerzális a termékfajták szempontjából,
- ◆ minimális szakértői információt igényeljen,
- ◆ tegye lehetővé a különböző ipari termékfajtáknál a modern műszaki színvonal fogalmának tartalmi meghatározását,
- ◆ megalapozottan minősítse az értékelendő termék műszaki színvonalát,
- ◆ tegye lehetővé a termékek fejlesztési céljainak értékelését, figyelembe véve a megvalósítás idejét és az analóg termékek korszerűsítésének tendenciáját,
- ◆ állapítsa meg az értékelendő termékek egyes jellemzőivel kapcsolatos értékek változásának a műszaki színvonal változására gyakorolt hatását,
- ◆ biztosítsa az alkalmazás egyszerűségét, az eredmények szemléletességét, vegye figyelembe a lejtőszódó változásokat.

A *műszaki színvonal* fogalmának meghatározása, a különböző műszaki jellemzők objektív összevetése az előfeltétele a műszaki színvonal értékelési módszerének kidolgozásával kapcsolatos probléma ordinális, többkritériumos megközelítési módjának. Az [1]-ben javasolt megközelítési mód meglehetősen egyszerű. Az értékelendő termékre rendeltetésének megfelelően kialakítják a műszaki színvonal jellemzőinek (parciális paramétereinek) halmazát. Az így kapott vektortérben etalon jellegű pontokat jelölnek meg. Ezt a teret három részre osztják fel, amelyek a műszaki színvonal különböző fokozatainak felelnek meg. Az első területet azok a vektorok alkotják, amelyek komponensei közül legalább egy

1 etalonpont alatt marad, a másodikat olyan vektorok, amelyek komponensei nem maradnak alul az etalonpontokkal szemben, de nem is múlják felül őket, a harmadikat pedig olyan vektorok, amelyek komponensei közül legalább egy 1 etalonpontnál jobb. A termékek műszaki színvonalának értékelésének feladata az ordinális osztályozás feladatára vezethető vissza.

E feladat megoldásakor két kulcskérdésre kell választ adni: hogyan válasszuk ki az etalon jellegű pontokat, és hogyan állapítsuk meg a területek határait.

Tételezzük fel, hogy bizonyos meghatározott rendeltetésű termék műszaki színvonalát kell értékelni. A termék funkcionális rendeltetésének elemzése (szükség esetén annak pontosítása is) lehetővé teszi mennyiségi vagy minőségi (sorrendi) mérési skálájú mutatók (jellemzők, kritériumok) halmazának kialakítását és legkedvezőbb értékeik irányainak meghatározását. Természetes, hogy a létrehozandó mutatóhalmaznak meglehetősen teljesnek kell lennie, a termékfelhasználók követelményeit figyelembe kell vennie, és e halmazt a megfelelő szakterület magas képzettségű szakembereinek kell kialakítaniuk. A szükséges mutatók gyakran — legalábbis részlegesen — megtalálhatók szabványokban, katalógusokban és prospektusokban. A robottechnikai rendszerek műszaki színvonalának emelése érdekében pl. minimalizálni kell a konstrukció energia- és anyagigényességét, maximalizálni kell funkcionális gyorsaságukat, megbízhatóságukat.

Az adott rendeltetésű termékek műszaki színvonalának parciális mutatóit jelöljük X_1, \dots, X_n -nel, műszaki tulajdonságaik terét pedig $X = X_1x \dots xX_n$ -nel.

Nem unikális termékek műszaki színvonalának értékeléséről van szó, tehát ismeretese az ugyanazon funkcionális rendeltetésű progresszív analóg termékek (így a külföldiek is). Az analóg termékek

összességét $S = \{S_1, \dots, S_k\}$ jelöli. Az S -ből minden analóg termékre meghatározzuk műszaki színvonalának jellemzőjét – a műszaki színvonal (parciális) mutatói értékeinek halmazát –, azaz felépítjük az $\bar{f}(S_i) = [x_1(S_i), x_2(S_i), \dots, x_n(S_i)]$ vektorfüggvényt, ahol $x_j(S_i) \in X_j$. Jelölje $X^0 = \bar{f}(S) \subset X$ az analógok műszaki színvonalát jellemző vektorok halmazát.

Az analóg termékek közötti versenyképesség bizonyítja magas műszaki színvonalukat. Ezért az analóg termékek műszaki tulajdonságait jellemző vektorok X^0 összességét célszerű a modern műszaki színvonal etalonpontjaként elfogadni az adott rendeltetésű termékekre.

A műszaki színvonal minden parciális mutatójára meg van határozva legkedvezőbb értékük iránya. A vektoriális mutatók összehasonlításához felhasznált információk osztályozásának megfelelően ezek az információk minimális mennyiségűek, nagyon egyszerűek és látszólag a legmegbízhatóbbak. Ezeknek az információknak megfelel a vektoriális jellemzők összehasonlításának Pareto-féle szabálya. (Az általánosság elvesztése nélkül feltételezhető, hogy minden mutató szempontjából előnyben részesítendők a kisebb értékek.)

1. meghatározás. Minden $x, y \in X$ esetre igaz, hogy x nem részesíthető előnyben y -nal szemben akkor és csak akkor, ha

$$x_i \leq y_i, i = 1, \dots, n.$$

Tartalmilag: az x vektor nem részesíthető előnyben az y vektorral szemben, ha nincs egy nagyobb komponense sem.

Az n dimenziós vektorok bármely más összehasonlítási szabálya nagyobb mennyiségű szakértői információt és kevésbé megbízható fajta információt követel meg.

2. meghatározás. Legyen $X' \subset X$ a termékek műszaki tulajdonságai terének bizonyos alhalmaza. Az $L(X') \subset X'$ alhalmazt Pareto-féle értelemben vett optimálisnak nevezzük, ha bármely $x \in L(X')$, $x \neq y$ esetben létezik olyan $x, y \in X'$, hogy yRx .

Tartalmilag: az x vektor Pareto-féle értelemben optimális X' -ben, ha nem létezik olyan $y \neq x$ vektor X' -ben, amelynek legalább egy jobb komponense van az x -hez viszonyítva, rosszabb komponensek híján.

Az S halmazt a versenyképes termékek alkotják. Ha a mutatóhalmaz elég teljesen tükrözi azokat a követelményeket, melyeket a termékek funkcionális rendeltetése indokol, akkor minden, elég magas műszaki színvonalú terméknek vannak viszonylagos előnyei és hátrányai. Következésképp S -ből egy termék sem lehet elfogadhatóbb a másiknál pótlólagos információk bevonása nélkül. De ebben az esetben az $f(S)$ vektoroknak a Pareto-féle értelemben optimálisnak kell lenniük (ami igazoló-

dik is a gyakorlati feladatokban). E feltétel nem teljesülése a jellemzők halmazának hiányosságát (nem teljességét) bizonyítja.

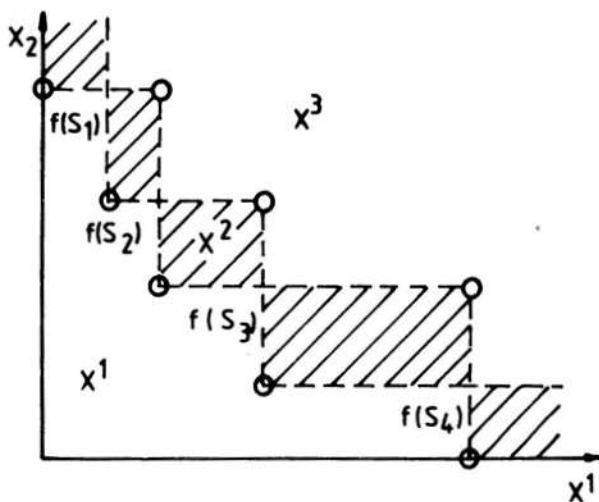
A vektoroknak az 1. meghatározásban bevezetett összehasonlítási szabálya lehetővé teszi a műszaki tulajdonságok halmazának három területre való felosztását úgy, hogy $X^3 \cup X^2 \cup X^1 = X$, melyek az adott rendeltetésű termékek nem kielégítő, kielégítő és magas műszaki színvonalának felelnek meg:

$X^3 \subset X$ – olyan vektorok halmaza, amelyek mindegyikére X^0 -ban létezik elfogadhatóbb vektor, amelynek legalább egy kisebb komponense van, nagyobbak híján.

$X^2 \subset X$ – olyan vektorok halmaza, amelyek közül egyik sem hasonlítható össze egy X^0 -beli vektorral sem, azaz sem kevésbé, sem jobban nem elfogadható, mint közülük bármelyik.

$X^1 \subset X$ – olyan vektorok halmaza, amelyek mindegyikére X^0 -ban létezik kevésbé elfogadható vektor, amelynek legalább egy nagyobb komponense van, kisebb híján.

Az X tér felosztását az 1. ábra szemlélteti arra az esetre, amikor a műszaki színvonalat két paraméter, X_1, X_2 jellemzi. Az analóg termékek jellemzőit az $f(S)$ pontok jelölik. A bevonalkázott X^2 terület esetében a területen belül bármely pont Pareto-féle értelemben optimális az $X^0 = f(S)$ vonatkozásában. A bevonalkázott területet felülről és alulról határoló pontokat összekötöttük, ezek a Pareto-féle értelemben vett optimális termékek alsó és felső határait alkotják. Ezeket a határokat az X^0 pontjai alapján könnyű algoritmikailag megállapítani. A bevonalkázott területtől följebb és lejjebb helyezkednek el a nem kielégítő és a magas műszaki színvonalú termékek területei.



1. ábra Az X tér felosztása

A minél kényelmesebb elemzés és az eredmények minél könnyebb bemutatása érdekében alkalmazható az X_1, \dots, X_n paraméterek monoton transzformációja, amelynek elvégzése után az $f(S)$ pontok egy $\sum_{i=1}^n f_i(S) = \text{constans}$ formájú hipertérbe esnek. Eközben a Pareto-féle optimalitás elvét sem sértjük meg.

A fenti algoritmus láthatóan meghatározza az értékelendő termék műszaki színvonalának minősítését. Az S_0 terméket a műszaki színvonal X_1, \dots, X_n mutatói értékelik. Attól függően, hogy az $f(S_0)$ vektor az X^1, X^2 vagy X^3 térbe esik, a műszaki színvonal magasnak, kielégítőnek vagy nem kielégítőnek tekinthető.

- ◆ Ha az X^3 területre esik, akkor az $f(S_0)$ vektor Pareto-féle értelemben véve nem optimális az $f(S_0) \cup f(S)$ halmazban, azaz létezik olyan S' termék, amely jóval elfogadhatóbb, mint az S_0 . (A termék műszaki színvonalát nem kielégítőnek kell tekinteni.)
- ◆ Ha az X^2 területre esik, akkor az $f(S_0), f(S)$ vektorok Pareto-féle értelemben véve optimálisak, azaz az S_0 termék az S -ből egyik termék mögött sem marad le a paramétervektor alapján. (Az S termék műszaki színvonalát kielégítőnek kell tekinteni.)
- ◆ Ha az X^1 területre esik, akkor az $f(S_0)$ vektor elfogadhatóbb legalább $f(S)$ egy vektoránál, amely Pareto-féle értelemben véve ekkor nem optimális az $f(S_0) \cup f(S)$ halmazban. (A termék műszaki színvonalát magasnak kell tekinteni.)

A termékek műszaki színvonalának értékelésének módszerét a következő szakaszokra lehet osztani [1]:

1. az adott rendeltetésű termékek műszaki színvonalának mutatóit — X_1, \dots, X_n — tartalmazó halmaz generálása;
2. az értékelt termék élenjáró versenyképes analógjait tartalmazó halmaz generálása;
3. az analóg termékek értékelésének elvégzése az X_1, \dots, X_n mutatók szerint;
4. a műszaki tulajdonságok X terének X^1, X^2, X^3 (magas, kielégítő és nem kielégítő műszaki színvonal) térre való felosztása;
5. a termékek értékelésének elvégzése az X_1, \dots, X_n mutatók szerint;
6. a termékek műszaki színvonalának minősítése a vektoriális értéknek az X^1, X^2, X^3 területeken elfoglalt helyétől függően.

A termékek műszaki színvonalának itt kidolgozott értékelési és elemzési módszere könnyen programozható, és lehetővé teszi az értékelendő termék jellemzőivel kapcsolatos azon értékek meghatározását, amelyek a nem magas színvonalat adják. Ha a

termék jellemzői funkcionálisan függenek a konstrukciós és a technológiai paramétereiktől, akkor könnyű megállapítani ez utóbbiak változási területeit, amelyekbe való bekerülés biztosítja a szükséges műszaki színvonalat.

A termék tervezett műszaki színvonalának értékelésekor az előző fejlődési szakaszból összegyűjtött adatok alapján:

- ◆ extrapolálni kell az analóg termékek mutatóinak értékét a fejlesztés megvalósulásának időszakára,
- ◆ értékelni kell a terv műszaki színvonalát az etalonpontokhoz viszonyítva, amelyek az analógok mutatóinak extrapolált értékei.

A módszer alkalmazható a termelés technikai feltevéseinek, valamint az adott funkcionális rendeltetésű termékek fejlesztési koncepcióinak kidolgozásához.

A kidolgozott módszer szoftverrendszere lehetővé teszi

- ◆ a Pareto-féle értelemben optimális pontok felső és alsó határainak meghatározását,
- ◆ az értékelt termékre a legközelebbi analóg termékek és határpontok kijelölését,
- ◆ az n dimenziós vektoriális értékek kivetítését tetrazölleges síkokra és hipersíkokra.

Most dolgozzák ki az egyes jellemzőknek a többitől való approximációs függéseivel kapcsolatos lehetőségek kutatásának programját. E jellemzők meglete lehetővé teszi a műszaki színvonal mutatói n dimenziós értékeinek megbízható összehasonlítását pótlólagos szakértői információk nélkül.

Jelenleg folyik a fenti módszer alkalmazási technológiájának a kidolgozása a robotok műszaki színvonalának elemzési és értékelési problémájára vonatkozóan. Ebben elsődleges fontosságú a robottechnikai adatbázis kialakítása, az összehasonlítási képek (analógok) kikeresését és kiválasztását szolgáló szoftver létrehozása és alkalmazása. A technológia mikroszámítógépek alkalmazására irányul a CP/M operációs rendszer alapján, a programok kidolgozása Robotron-1715 típusú számítógépen folyik.

*

Irodalom

- [1] GAFT, M. G. — SERGEEV, V. I.: Metod ocenki tehničeskogo urovnâ izdelij mašinstroeniâ. = Mašinovedenie, 1986. 6. sz.

Fordította: Nagy Péter

GAFT, M. G. — SERGEEV, V. I. — TIHONOV, M. B.: *A gépipari termékek műszaki színvonalának többkritériumos értékelési módszere*

A termékcsoporthoz jellemző paraméterek felvehető értékei értékelési halmazt alkotnak, amelyet vektortérnek tekinthetünk. A termékeket — jellemzőik skalárértékei alapján — a térben egy-egy vektor képviseli. Kijelölhető a vizsgálat célja szerint meghatározott (pl. világszínvonalú, korszerű stb.) etalon vagy "ideális" termék vektora paramétereinek értékeivel. A minősítés a paraméterek mint vektortényezők közötti összehasonlítás, "távolság" alapján történhet, a vektort az értékelési térben elhelyezve. A termékeket mennyiségi, minőségi, gazdasági mérési skálájú paraméterekkel jellemezve és a vektoranalógia szerint értelmezve, a műszaki színvonal összehasonlításának, értékelésének feladata az ordinális (sorrendi) osztályozás feladatára vezethető vissza.

* * *

ГАФТ, М. Г. — СЕРГЕЕВ, В. И. — ТИХОНОВ, М. Б.: *Метод многокритериальной оценки технического уровня изделий машиностроения*

Авторы используют принцип оптимума по Парето при сравнении технического уровня изделий. Для оцениваемых изделий создано множество частных параметров технического уровня в соответствии с назначением сравниваемых изделий. В полученном векторном пространстве выделены эталонные точки, соответствующие передовому техническому уровню. В этом векторном пространстве векторы разделяются на три части, в соответствии с различными степенями технического уровня. Таким образом, задачу оценки технического уровня изделий авторы свели к задаче ординальной ранжировки.

GAFT, M. G. — SERGEEV, V. I. — TIHONOV, M. B.: *A multicriteria evaluation technique of the technological level of machine engineering products*

The values that can be taken by parameters characterizing a product group create an evaluation set that can be regarded as a vector space. Each product is represented by a vector in this space. A standard or an "ideal" product can be assigned according to the objective of the investigation (world level, up-to-datedness etc.) by the parameter values of its vector. The qualification is performed by the comparison of parameters as vector factors, by "distance" when placing the vector into the evaluation space. Characterising the products by parameters reflecting quantity, quality, economy metrics, and by interpreting them through the vector analogy, the evaluation and comparison problem of the technological levels can be reduced to the problem of ordinal (sequential) classification.

* * *

GAFT, M. G. — SERGEEV, V. I. — TIHONOV, M. B.: *Die Mehrkriterien-Bewertungsmethode des technischen Niveaus der maschinenindustriellen Produkte*

Die aufnehmbaren Werte der die Produktengruppe charakterisierenden Parameter bilden eine Bewertungsmenge, die wir als Vektorfeld betrachten können. Die Produkten werden — aufgrund der skalaren Werte ihrer Charakteristiken — auf dem Feld durch je einen Vektor vertreten. Das kann mit der Werte der Parameter des dem Zweck der Prüfung nach festgesetzten (z.B. weltniveauvollen, modernen u. s. w.) Etalons oder "idealen" Produkts bezeichnet werden. Die Qualifizierung kann aufgrund der Komparation zwischen den Parametern als Vektorfaktoren, der "Distanz" durchgeführt werden, den Vektor im Bewertungsfeld angeordnet. Die Produkten mit Parametern von quantitativer-, qualitativer- und wirtschaftlicher Messkala kennzeichnend und laut der Vektoranalogie deutend kann die Aufgabe der Vergleichung und Bewertung des technischen Niveaus die Aufgabe der ordinalen (Reihenfolge-) Klassifikation zurückgeführt werden.