

Надя Маринова

ИКОНОМИЧЕСКИ АСПЕКТИ ПРИ ОЦЕНКА И ИЗБОР НА ИНЖЕНЕРИНГОВИ ПРОЕКТИ

В теорията и социалната практика изборът и оценката на инженерингови проекти се базират на изследваните в статията икономически модели. Изводът, който се налага, е, че на равнище детайлно проектиране преобладават техническите параметри, но на системно равнище икономическите характеристики и съображения са приоритетни. Признаването на значението на икономическата теория и маргиналният анализ за инженерната практика е сравнително ново и поради това – относително ограничено. Тази зависимост следва от прехода на инженеринга от конструирането на компоненти и механизми към разработването на системи.

Комплексната икономическа оценка на алтернативни проекти е критична точка в процеса на анализ. Това налага да се използват не само качествени показатели, но и количествени методи за оценка на риска.

JEL: A12; C52

Съвременната стопанска действителност е силно повлияна от процесите на промяна – както от глобализацията вследствие експлозивното развитие на средствата за информационно общуване, така и от осъществяването на преход на цели общества към условията на пазарна икономика и конкуренция. Сериозно са свити и пазарите, и необходимото време за разработването на нови конкурентни продукти или услуги. Това налага организациите да управляват промяната чрез проекти с цел да реагират гъвкаво на бързо променящата се околна среда, за да запазят и/или разширят конкурентното си предимство.

Инженерингов икономически анализ

Проблемът с оценката на проектите

Съставянето на една система е процес на вземането на решение относно начините за трансформиране на ресурсите за достигане на определени цели. Крайният проект представлява избор на определена конфигурация от ресурси и инструкции за тяхното използване.

Проектът трябва да задоволява множество технически изисквания и ограничения, т.е. най-общо казано, да отговаря на законите на естествените науки. В самолетостроенето например има граница на издръжливостта на сплавите, както и на допустимата тяга за двигателите. Създаването на добър проект изисква солидни технически знания и компетентност. Инженерите са наясно с тези проблеми, но те трябва да бъдат обяснявани на висшето

ръководство и на политиците. Последните често са мотивирани от възможните изгоди, които могат да извлекат от предложената система, а не от разходите и техническите ограничения.¹

Икономическата характеристика и стойността на един проект трябва да се отчитат при избора на конструкция, а най-добрата конфигурация не може да бъде определена само с технически параметри. Често стойността на всеки изразходван лев е решаващ показател при окончателния избор на дадена система. Обикновено от няколко възможни конфигурации се избира тази, която е с най-добри технически показатели, въпреки цената ѝ. Изборът на най-добрата конфигурация обаче се определя от сравняването на разходите и свързаната с тях относителна стойност. Предпочитанието между конструирането на един самолет от алуминий или от титан зависи преди всичко от разходите, тъй като и двата отговарят на исканите стандарти. За някои системи политическите или други съображения могат да бъдат по-важни от разходите. Например при планирането на летище за даден град от значение е оценката на различни местоположения. Крайното решение е свързано не само с разходите, но и с проблеми със социален характер - достъпност, екологосъобразност и политическо въздействие.²

Трябва да се обърне внимание на значението на икономическите съображения при конструирането на инженерни системи. Признаването на значението на икономическата теория за инженерната практика е сравнително ново и поради това - относително ограничено. Тази нова зависимост следва от прехода на инженеринга от конструирането на компоненти и механизми към конструирането и разработването на системи.

С ангажирането на инженерите в самата дейност и интегрирането на системите на тях им се налага да работят с нови понятия и да прилагат нови методи в своите анализи. По традиция инженерното обучение и практика са свързани с детайлното проектиране. На това равнище преобладават техническите проблеми, докато икономическите са второстепенни. При проектирането например на един двигател първостепенната задача на инженера е да накара устройството да работи по предназначение. На системно равнище обаче икономическите съображения са решаващи. Същевременно проектирането на една транспортна система разглежда двигателя като даденост - съществуваща силова установка на превозно средство, и набляга на възможността такава услуга (транспортиране) да бъде предложена на достатъчно ниска цена, за да набере желаещи и да направи начинанието печелившо. Системното оптимизиране, съставна част на дисциплината, наречена "изследване на операциите", е пример за това как икономическата теория е включена в инженеринговия системен анализ.

¹ *Au, T., P. Au. Engineering Economics for Capital Investment. Boston, Allyn and Bacon, 1983.*

² *De Garmo, E. P., W. G. Sullivan, J. A. Bontadelli. Engineering Economy. Eighth Edition, New York, Macmillan, 1988.*

Много основни положения са внедрени без съществени изменения. Производствената функция - основният модел за използване на ресурсите, идва директно от икономиката, както и маргиналният анализ като основен метод за решаване на въпросите на разпределението на ресурсите.³

Необходимост от икономически анализ

Целта на икономическата оценка е да определи дали един проект или инвестиция са приемливи от финансова гледна точка. Тази оценка засяга два кръга от въпроси:

- Целесъобразен (печеливш) ли е даден проект и отговаря ли на минимума от зададените изисквания?
- Ако има списък от проекти, кой е най-добрият? Как всеки проект се съпоставя и отнася към останалите ?

Тук тези два въпроса са изследвани от гледна точка на финансовите постъпления (cash - flow).

На практика изготвянето на качествени икономически оценки е трудна задача. До голяма степен това се дължи на факта, че тези, които са отговорни за подобен анализ - средното ръководство, обикновено имат ограничен поглед върху дейността на организацията и не могат реалистично да отчетат съответните фактори. Резултатът е, че голяма част от оценките се правят на базата на допускания, често без наличието на данни, или въз основа на неточни данни за съответната ситуация. Концептуалните трудности са друг източник на грешки или объркване. Голяма част от стандартните критерии съдържат толеранси, които ги правят неподходящи или грешни за определени ситуации.⁴

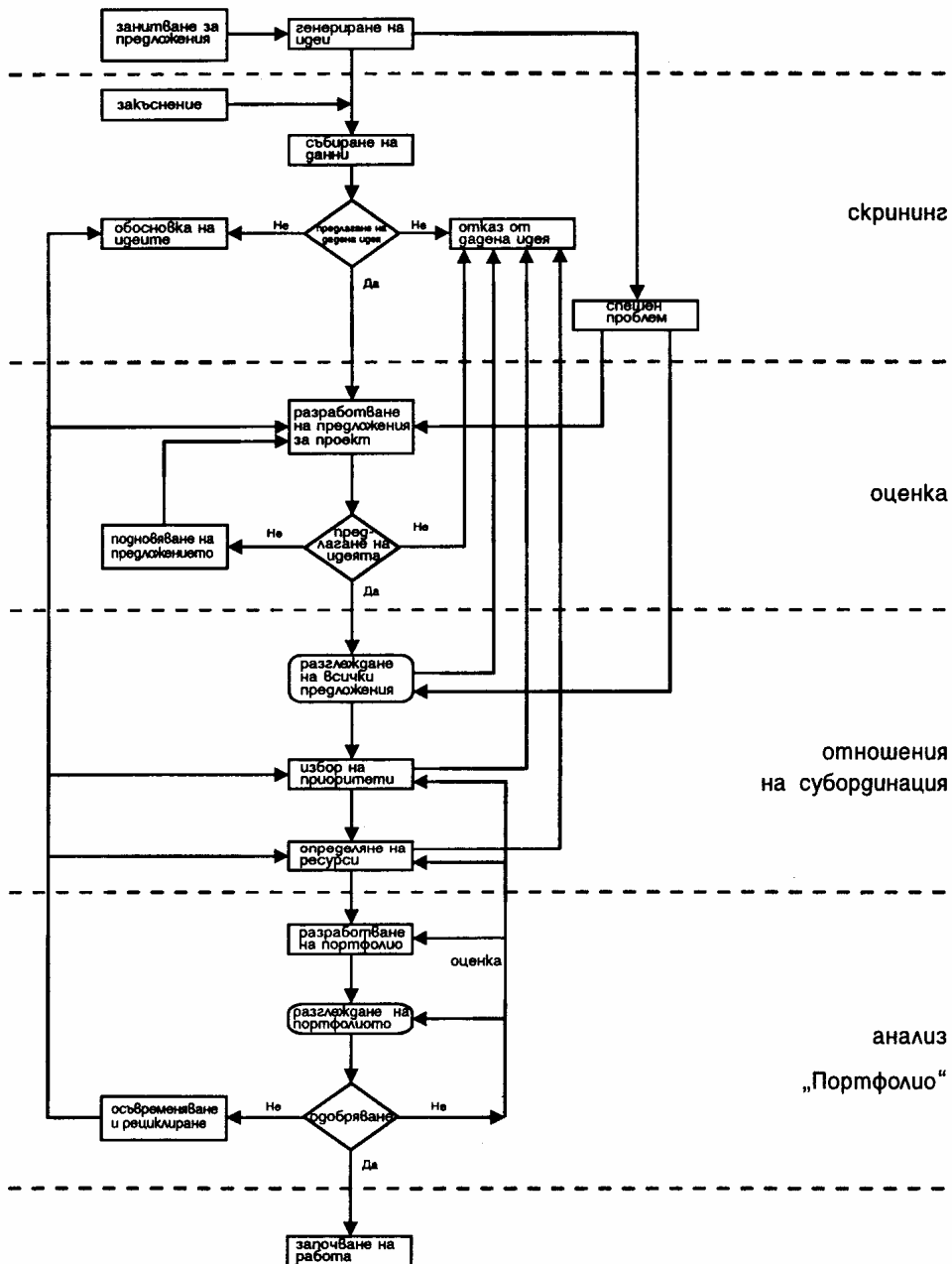
Съставни части на процеса на оценка

Всеки проект започва с една идея. Обикновено източниците на идеи са различни - например клиенти, доставчици, нисш ръководен персонал, служители. За организациите, работещи в частния сектор, детайлите на процеса на развитие на една идея и свързаният анализ са посочени на фиг. 1. Подобна диаграма може да се направи и за останалите видове организации. В зависимост от обема и очакваните разходи ръководството може да бъде просто заинтересувано от достойнствата на идеята или да изиска определяне на най-добрия бюджет относно набор от възможности в портфейла от проекти. Ако организацията е консултантска фирма или външен контрактор, може да определи най-печелившата стратегия, за да отговори на изискванията на запитването за оферта (RFPs).⁵

³ Sage, A. P. Economic Systems Analysis: Microeconomics for Systems Engineering, Engineering management, and Project Selection. Amsterdam, North-Holland, 1983.

⁴ Newnan, D. G. Engineering Economic Analysis. Fourth Edition. San Jose, CA, Engineering Press, 1991.

⁵ Sage, A. P. Цит. съч.



Фиг. 1 Компоненти на процеса на оценка

Поради разнообразието от проекти критериите на оценка и свързаната с тях методология трябва да отразяват особеностите на възлагащата и изпълняващата организация. Обичайното разделение е частен срещу публичен сектор, НИОКР срещу производство, вътрешен срещу външен клиент. Размерът на проекта, очакваната продължителност, необходимите ресурси са само част от факторите, които трябва да се отчитат при вземането на решение.

Независимо от вида или характера на клиента подборът обикновено е първата стъпка, по време на която предлаганият проект се анализира в първоначалния му вид съобразно най-обещаващите критерии или преобладаващите обстоятелства. Може да се получи така, че новата идея да има толкова достоинства, че да замени един или повече текущи проекти, като някои от тях ще бъдат прекратени или временно задържани, така че да се освободят ресурси за новия проект. В социалната практика се разработват портфейлни модели с цел осигуряване на процеса на вземане на решение. Те определят най-добрия път за разпределяне на наличните ресурси между конкуриращите се алтернативи, вкл. нови кандидатури и текущи проекти.

Портфейлните модели са оправдани само в случаите, когато проектите се конкурират за едни и същи ресурси. Когато обаче даден контрактор с временно свободни ресурси контактува с потенциален клиент, процесът на подбор на проектите се опростява – страните подписват договор, когато печалбата превишава предварително определената норма на възвръщаемост. Това е обичайният подход по време на рецесия. Друга крайност са случаите, при които даден контрактор е претоварен с проекти.⁶

Динамика на избора на проекти

Както е показано на фиг. 1, процесът на селекция на проектите е динамичен. Подборът, оценката, съставянето и анализът на портфейла могат да се извършват на различни етапи, като новите идеи може и да не преминават през всички тях. Възможно е една идея да бъде отложена или изоставена по всяко време на процеса; нова информация или променени обстоятелства биха могли да доведат до преоценка на вече взето решение за отказ или отлагане на даден проект.

Изводът, който се налага, е, че оценката и селекцията на идеи за нов продукт и проект е комплексен процес, състоящ се от няколко взаимно-обвързани решения. Сложността се поражда от многообразието от данни, което трябва да бъде събрано, и от трудностите при измерването и

⁶ White, J. A., M. H. Agee, K. E. Case. Principles of Engineering Economic Analysis. Third Edition. New York, Wiley, 1989.

подреждането на кандидатстващите проекти на базата на извлечената информация. Значителна част от тази информация е субективна и съдържа голяма степен на неопределеност. Изборът на най-добрата идея не може да стане в условията на политически вакуум. Наличието на серия от организационни и поведенчески фактори може да политизира процеса на вземане на решение. В много случаи потенциалните разходи и приходи от даден проект играят малка роля при определяне на крайното решение. Например двегодишният обстоен анализ на проекта "Ландсат" (орбитална сателитна система за контрол на земните ресурси) показва, че даже при най-оптимистичния сценарий ползата за обществото ще бъде много по-малка, отколкото разходите, свързани с използването и поддържането на системата за 10-годишен жизнен цикъл. Въпреки това обаче под натиска на НАСА и на нейните съюзници в Конгреса на САЩ, които разглеждат "Ландсат" като първостепенна гражданска програма, показваща приложението на космическите технологии, Министерството на вътрешните работи осигурява финансирането му.

Моделиране чрез въпросник и таблица за оценка

Етапът на генериране на идеите, ако не е направен правилно, често води до набирането на повече предложения, отколкото могат да бъдат изпълнени. Следователно трябва да се прилага процедура на подбор, елиминираща онези предложения, които очевидно са неосъществими или без особени достойнства. В този процес съответствието с целите на организацията и наличните ресурси е от особено значение. Важно е да се има предвид, че при сравняването на алтернативите на ранен етап за целите на анализа се използват широка гама от критерии. Фактът, че често тези критерии се оценяват по несъпоставими скали, прави процеса на подбор и оценка още по-труден. От множеството техники за опростяването му най-разпространени са методите на изготвяне на *класификационен въпросник*. Те са подходящи за елиминиране на по-нататъшното разглеждане на най-нежеланите проекти. Поради факта, че тези методи изискват относително малък обем от информация, те могат да се използват, когато наличната информация е ограничена или когато се правят груби оценки. Необходимо е такива методи да се разглеждат като бързи, те не дават дълбочина на анализа и това винаги трябва да се има предвид.

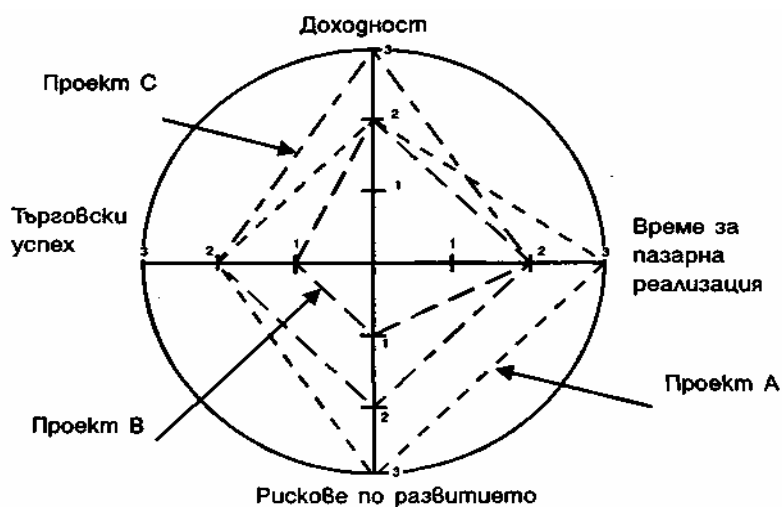
При изготвянето на един въпросник трябва да се идентифицират критериите или наборът от изисквания, които ще се използват за вземане на решение. По време на следващия етап се съставя таблица на случайна скала за регистрацията, за да се отрази колко добре даденият проект отговаря на зададения критерий (вж. таблицата).

Таблица

Примерен въпросник за оценка на проект

Оценка	Критерий									Обща сума			
	Доходност			Време за навлизане из пазара			Рискове на развитието				Търговски успех		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
Проект А		X		X			X				X		10
Проект В		X			X				X			X	6
Проект С	X					X	X				X		8

В дадения пример, ако 7 е избраният предел, приемливи са само проекти А и С. Алтернативата е информацията от таблицата да се изобрази като диаграма, наречена полярен модел,⁷ показан на фиг. 2. В определена степен този вид на представяне е по-полезен от табличния, защото бързо показва доминиращия проект.



Фиг. 2. Мултиизмерна диаграма

⁷ Canada, J. R., W. G. Sullivan. Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1989.

Една от възможните области на приложение на мултиатрибутния начин на оценка са плановете анализи. Те намират специфично приложение и при управленските разработки, и при регламентирането на системата на търгове.

Типичен пример за интереса на държавните институции е посочен от Mintzer, който казва, "че тези модели са лесни за използване, позволяват сравнение на екологическите параметри на отделните единици и са комплексни като икономически анализ. Допълнително те позволяват степенуване във възходящ ред на разходите на основата на пълен икономически или социален анализ, на фактори, на които може да бъде даден количествен израз."⁸ Същевременно приложението на този метод невинаги е ефективно, защото се обръща малко внимание на методологията, поради което резултатите са със значителна неопределеност.

Моделиране на принципа "ползи –разходи"

В рамките на проектите определянето на предимствата на различните алтернативни инвестиционни възможности започва с оценка на техническата осъществимост. Следващата стъпка включва сравнение на минималната приемлива норма на възвръщаемост на очакваните разходи за евентуалния цикъл на икономически живот за всеки проект. Инженерните анализи се правят за определяне на фундаменталните изходни позиции. Очакваните резултати и разходи се сравняват обикновено в остойностен вид, като се използва предварително определен скотов процент. В частния сектор фирмата плаща всички разходи и получава съответно всичките ползи както в количествено, така и в качествено измерение. Замяната на употребявано оборудване с ново е пример, където възвръщаемостта е измерима, докато строежът на нова фирмена сладкарница илюстрира обратния случай.

Там, където обаче е засегната дейността на държавата, положението е твърде различно. Приходите се реализират чрез различните видове данъци, които би трябвало да бъдат разходвани в "обществен интерес", така че държавата плаща, но получава много малко (ако изобщо получи нещо), което може да предизвика редица проблеми. Това означава, че потенциалните ползватели на даден държавен проект ще бъдат много внимателни по отношение на одобряването и финансирането му. Други проблеми са измерването на ползите, които много често са твърде разпределени, изборът на лихвения процент, както и на прецизната гледна точка за анализ на проблема. Накрая, анализът на „ползите-разходите“ (В/С), където отношението на В/С се използва за потвърждение на проектите, може да доведе до правни проблеми при избора на това, какво да се посочи в знаменателя и какво в числителя.⁹

⁸ Mintzer, I. Environmental Externality Data for Energy Technologies. Technical Report. Center for Global Change, University of Maryland, College Park, MD, 1990.

⁹ Agogino, A. M., O. Nour-Omid, W. Imano, S. S. Wang. Decision-Analytic Methodology for Cost-Benefit Evaluation of Diagnostic Testers. - HE Transactions, 1992, Vol. 24, N 1, p. 39-54.

Икономически аспекти при оценка и избор на инженерингови проекти

$$\text{съотношение } B/C = \frac{\text{общи приходи}}{\text{общи разходи}}$$

Алтернативният подход е да се използват разходите на ползвателя като вреда и да се извадят в числителя, вместо да се прибавят в знаменателя. При това формулата придобива следния вид:

$$\text{съотношение } B/C = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{обществени} \\ \text{ползи} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{обществени} \\ \text{разходи} \end{array} \right)}{\text{правителствени разходи}}$$

Трябва да се отбележи, че ако е възможно изчисляването на три стойности на това съотношение, NPV не се променя.

NPV = PW на ползите - PW на разходите

Не съществува съвсем точен начин за изчисляване на посоченото съотношение, но могат да бъдат показани следните две формули:

$$\begin{aligned} B/C &= \frac{\text{PW на ползата за потребителя}}{\text{PW на общите разходи на субконтрактора}} = \\ &= \frac{PW[B]}{PW[CR + (O + M)]} \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} B/C &= \frac{AW \text{ на ползата за потребителя}}{AW \text{ на общите разходи на субконтрактора}} = \\ &= \frac{B}{CR + (O + M)} \end{aligned}$$

където:

B е годишната стойност на ползите за потребителя;

CR - разходите за възстановяване на капиталите (равняват се на годишните разходи);

O - еквивалент на равномерните годишни операционни разходи;

M - еквивалент на равномерните годишни разходи по поддръжката.¹⁰

¹⁰ Mintzer, I. Цит. съч.

Модифицирано В/С

$$B/C = \frac{PW[B - (O + M)]}{PW[CR]}$$

или

$$B/C = \frac{B - (O + M)}{CR}$$

Модифицираният метод става все по-популярен в рамките на държавните организации и отдели през последното десетилетие. Въпреки че двата метода водят до еднакви препоръки при сравняване на взаимно-изключващи се алтернативи, те могат да дадат различно степенуване на проектите на независимите инвестиционни алтернативи. Във всеки случай използването на PW , AW или FW би трябвало да даде идентични резултати.¹¹

Една еднократна инвестиция се смята за печеливша, ако съотношението В/С е по-голямо или равно на 1.0.

Анализът на ползите и разходите в общественения сектор може да се извършва от различни гледни точки, като перспективата, от която се анализира, може да има съществено значение върху резултата. Възможни гледни точки са: на държавната организация, извършваща анализа; на местната организация (например община или кметство); национална гледна точка; на съответния промишлен отрасъл.

Поради тези съображения е особено важно преди началото на анализа да се определи чии интереси се защитават. Ако целта е да се осигури общото благополучие, е необходимо да се измерва отражението на дадения проект върху цялото население, а не върху определена целева група. От практическа гледна точка това означава, че в най-добрия случай може да се постигне отразяване на интересите на по-голямата част от обществото. Ясно е, че без природозащитна и здравноосигурителна законодателна дейност би имало малко стимули за фирмите да обработват отпадъците си, вместо да ги изхвърлят в местните водоизточници. Общонационалната гледна точка изглежда оправдана за финансирани на държавно равнище проекти, но повечето от тях носят ползи само за местните жители или общности, което прави трудно или невъзможно количественото определяне на националния ефект.

Последователен подход стъпка по стъпка

За извършването на анализа ползи/разходи при един инвестиционен проект е необходимо да се предприемат следните стъпки:

¹¹ Agogino, A. M., O. Nour-Omid, W. Imano, S. S. Wang. Цит. съч., с. 39-54.

- точно идентифициране на проекта;
- изрично дефиниране на целите, които се преследват;
- генериране на алтернативите, които задоволяват поставените цели;
- точно идентифициране на ограничителите (например технологични, политически, правни, социални, финансови), които съществуват в околната среда. Това ще спомогне за ограничаване на генерираните алтернативи;
- определяне и формулиране на ползите (приходите) и разходите, свързани с всяка алтернатива. Всичко се изразява в парични знаци. Ако това не може да стане за всички фактори, то трябва да бъде отразено изрично в заключителния доклад;
- изчисляване на съотношението В/С и другите индикатори (настояща стойност, норма на възвръщаемост, необходими инвестиции, период на откупване и т.н.) за всяка алтернатива;
- подготовка на окончателен доклад, сравнявайки резултатите от оценката на всяка алтернатива.

Приложение на методологията

Както е при всеки процес на вземане на решение, първите два етапа имат за задача да дефинират проблема и свързаните с него цели. Това може да означава идентифицирането на определен проблем, който трябва да бъде решен (например замърсяване), или съгласуване на специална програма, например кацането на астронавт на Луната. Следващата стъпка е да се приеме такова решение, което е осъществимо не само технически и икономически, но и политически. Характерен за тези стъпки е двукратният процес на селекция - макроселекцията, когато се избира между конкуриращи се възможности или програми (например дали да се увеличи държавното финансиране за космическата програма или за опазване на околната среда), и микроселекция, когато се опитваме да намерим най-добрата от няколко алтернативи (дали да се построи атомна или термична електроцентрала). По отношение на общественения сектор често се твърди, че ние като общество не сме в състояние да извършим процеса на селекция. Обикновено целите и алтернативите се избират в резултат от политически дебати и разходите се разглеждат толкова повърхностно, че иницираните проекти са ненужни от гледна точка на потребностите на обществото.

Един от много показателните проекти в това отношение е жилищният комплекс "Йист Сейнт Луис", разрушен само няколко години след неговото построяване. Причините са, че в процеса на планиране не са изследвани социалните фактори (възможните желания и съображения на потенциалните жители). Резултатът е голяма престъпност и вандалщина в комплекса, което принуждава много хора да се откажат да живеят в него. Вероятността от такива грешки може да бъде редуцирана, ако се направи както външен за системата, така и вътрешен анализ на ползите и разходите по проекта.

Групи "ползи" и "разходи"

След определяне на набора от алтернативи започва детайлният анализ. Ползите и разходите могат да бъдат структурирани в четири категории - първични, вторични, външни и неопределени. Първични са тези, които са пряк резултат от даден конкретен проект. Ако дадена фирма произвежда видеомагнетофони, първичните разходи се реализират в производството, а първичната полза е печалбата. При строежа на един канал строителните разходи и приходите от таксите за транзит на водата представляват първичните елементи на този проект.

Вторичните ползи и разходи се определят като такива не защото са по-маловажни в сравнение с първичните, а защото се проявяват, ако е налице несъвършен пазарен механизъм. В този случай пазарната цена на продукта или услугата от даден проект няма да съответства на "реалната" цена. Пример за това е използването на държавни средства за изграждането и експлоатацията на едно летище. В случая има скрити разходи за обществото и скрити ползи за авиокомпаниите и техните редовни клиенти. Увеличеният шум и замърсяването около летищата са пример за вторичните "разходи", а ползите се изразяват в по-евтините самолетни билети.

Външни ползи и разходи са онези, които се проявяват върху трети лица или фирми извън тези, предвидени в първоначалния проект. Например държавните субсидии за едно летище развиват местната икономика по индиректен начин. Огромните държавни разходи за авиокосмическата промишленост дават допълнителен резултат в медицината или микроелектрониката. И обратното, налице са вреди от увеличаване на замърсяването или повишаване на разходите по здравеопазването, както и загуба на вакантни места поради заемането им от други проекти.

Неопределени са онези ползи и разходи, за които е трудно или невъзможно да бъдат изразени в паричен вид. Търговските марки или добрата воля например са неопределими, но винаги се вземат под внимание. Ползата от висока автоматизация и роботизация на работните места е фактор, който все по-често трябва се да отчита, когато неопределените параметри преобладават в процеса на вземане на решение. В тези случаи е препоръчително да се прилагат мултикритерийните методи - например аналитичен йерархичен процес.

Анализ на съотношението "разходи – ефективност"

Когато сравняваме два проекта с еднакво съотношение на В/С, този, който струва повече, ще донесе по-голяма възвръщаемост. При определени обстоятелства обаче може да има фиксиран таван на бюджета и проект, който е технически осъществим, да не може икономически да се реализира, дори ако има по-високо съотношение на разходите към ползите (В/С).

Икономическите бариери са обичайни за някои области, като автоматизацията и полупроводниковата промишленост, където първоначалните инвестиции надхвърлят 1 млрд. дол.

В случаите, когато бюджетът е лимитиращият фактор, е необходимо да се знае кой е най-ефективният начин да се използват парите. За да се отговори на този въпрос, се правят анализи на съотношението *“разходи – ефективност”*. В тях вниманието се концентрира не толкова върху нормата на възвръщаемост, колкото върху резултатите от системата, изразени чрез обобщен индекс, който по принцип е субективен. Това е така, защото неизмерими количествено фактори като риск при разработката и поддръжката и леснота на използването се оценяват колективно, а не индивидуално. Най-общо системната ефективност може да се получи, като се отнесе към онези крайни параметри, които се очаква да достигне системата след постигането на определен краен брой задачи. Често това се обозначава като функция на системната способност, надеждност и възможност.

Способността на системата се определя, като се измери състоянието ѝ при стартирането на определена задача. Това е функция на взаимодействието между хардуер, персонал и процедурите, заложен в системата. Надеждността се определя чрез измерване на действието ѝ на различни етапи от изпълнението на определената задача, а възможностите - от спектъра постигнати цели.

Терминът *ефективност* съдържа значителна степен на абстрактност. Поради обобщения си характер ефективността е предмет на интерпретации, които пречат на прецизното определяне на понятието. За даден продукт или услуга една от възможните дефиниции е способността да доставя това, което се изисква в техническата спецификация. Между понятията, свързани или заместващи този термин, се използват *стойност, полза, цена, полезност, резултат*. За разлика от разходите, които могат да бъдат количествено определени, ефективността няма единен измерител, чрез който да бъде изразена едностранно.

Американските правителствени служби и особено Министерството на отбраната са едни от привържениците на този тип анализи. Следващите осем стъпки характеризират извършването на C-E анализ:

- дефиниране на желаните цели;
- идентифициране на изискванията към задачата;
- разработване на алтернативни системи;
- определяне на критериите за еволюцията на системата;
- установяване на възможностите на алтернативните системи;
- анализиране на достойнствата на всяка една от тях;
- анализиране на чувствителността;
- съставяне на документите за резултатите и препоръки.

Критична точка в процедурата е решаването на въпроса как да се оценяват достойнствата на всяка от алтернативите. След формулиране на

критериите и атрибутите на оценката е необходимо да се изготви механизъм за измерване на отделните резултати. Обикновено се използват табличните модели, като се оценява относителното значение на всеки системен атрибут и му се дава относително тегло. След това им се дават цифрови значения, например между 0 и 100, характеризиращи ефективността им за системата. Още един път трябва да се отбележи, че тези оценки имат субективен характер, но могат да се базират на прости математически разчети на обективните измерители, на субективното мнение или на инженерната оценка. Когато съществува подходяща математическа скала, максималните и минималните стойности могат да бъдат отбелязани и свързани с права линия, в рамките на която се трансформират резултатите от тези оценки.

Въпроси, свързани с риска

Формалният анализ на риска има за задача да определи и ако е възможно, да даде количествен израз на отговорите на тези въпроси. При новите системи това обикновено става чрез сравняване на съдържащия се в другите алтернативи риск. Високорисковите части от системата се идентифицират и се посочват техниките за ограничаване на този риск. За по-старите системи рисковият анализ, извършен след построяването и пуска им, често разкрива решаващи проектантски или конструкторски грешки.

Първата стъпка при анализа на риска е да се представят в табличен вид различните етапи или фази на системата и да се изредят рисковете за всяка фаза. Времето, когато се проявява събитието, може да повлияе на последствията. Например срыв в системата за контрол на въздушния трафик на голямо летище може да предизвика смущения в местния въздушен трафик много повече, ако стане през седмицата, отколкото в неделя сутрин. По подобен начин авария в химически завод може да бъде много по-опасна, ако предизвика непосредствена химическа реакция, от която се получават токсични газове, отколкото на един краен етап, където отпадъчните продукти са по-малко опасни.

По-нататък, за всяка следваща фаза от реализацията на проекта трябва да се прави диаграма за определяне на логическата връзка на елементите и подсистемите по време на всяка фаза. Най-добрата техника за решаване на тази задача е анализът на грешките и ефектите (*failure modes and effects analysis - FMEA*), анализът на събитията и анализът на грешките. Трите метода се допълват и докато се прилагат съвместно, помагат за откриване на рисковете в една система и размера на потенциалните последствия. Взаимодействията са особено важни, тъй като една част от оборудването може да даде отказ поради отказ на друга част, например подаването на горивото или напрежението на електричеството.

За инженерите и ръководителите основната задача на рисковия анализ - определяне на етапите на дадена мисия, проучване на взаимовръзката между частите от системата и количественото измерване на вероятността за

отказ, е да се определят слабостите на конструкцията и да се посочат тези, които допринасят най-много за забавяне или за загуби. Процесът на оценка може даже да препоръча начини за минимизиране или смекчаване на риска. Пример за вероятностния рисков анализ е този, извършен за НАСА през декември 1987 г. от инженеринговата консултантска фирма "Packard, Lowe & Garrick inc." във връзка с външните ракетни ускорители на космическата совалка. Освен другите си задачи тези ускорители активират основния двигател на совалката и задвижват елероните на крилата. Инженерите и ръководството на НАСА чрез качествените характеристики на анализа стигат до извода, че течове на гориво от трите външни ускорителя са "малко вероятни" и рискът е приемлив, без напълно да разбират неговия размер, въпреки че най-лошото, което може да се случи, е загубата на носителя. Един от проблемите с качествения анализ е, че субективната интерпретация на понятия като "вероятен" и "невероятен" създава предпоставки за грешки в оценката на риска. Например НАСА използва термина "малко вероятен" за рискове, степенувани от 1:250 до 1:20 000.

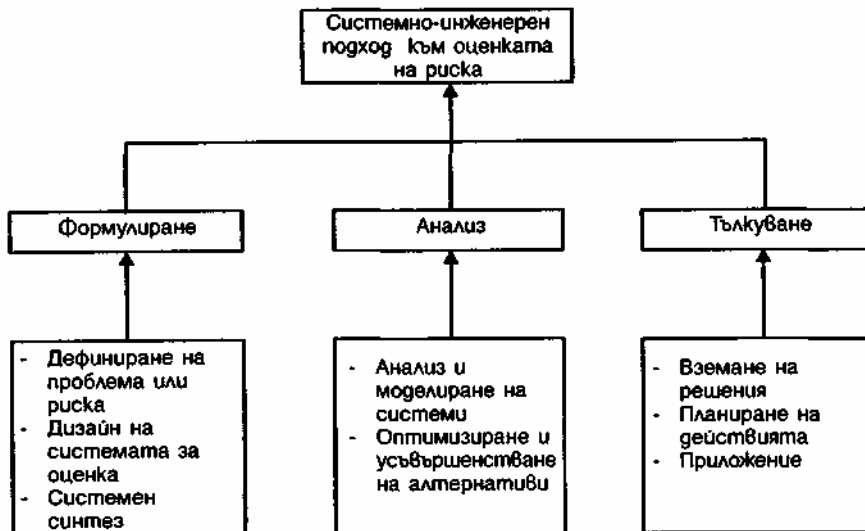
Вероятностният рисков анализ показва, че независимо от факта, че индивидуалният риск от отделни течове е незначителен, съществуват много места, където те са възможни, така че на практика през първите 24 полета на совалката е имало 5 теча. Нещо повече, на 28.11.1983 г. изтичащото гориво се samozапалва по време на кацане на совалката и експлодира след приземяването ѝ. Вероятностният рисков анализ показа, че е по-вероятно да има експлозия по време на кацане, отколкото при излитане, когато външните ускорители са напълнени с азот за отстраняване на взривоопасния и избухлив атмосферен кислород. Анализът препоръча няколко начина за намаляване на риска, например замяна на горивото или поставяне на противовзривни бариери между отделните силови установки.

Анализ на риска и ползата

Той е обобщаващо понятие за техники, допринасящи за оценката на риска, и включената в това оценка на рисковете, разходите и ползите на алтернативните проекти или политики. Подобно на други количествени методи етапите на този анализ включват определяне на целите и задачите на алтернативата на проекта, идентифициране на ограничителите, установяване на обхвата и границите на самия анализ и разработване на ефективни и осъществими алтернативи.

Основната задача на такива техники е да дадат цифров израз, ако това е възможно, на рисковете и ползите, свързани с и произтичащи от даден проект. Изчисляването на тези параметри изисква научни методи или програми за симулация за оценка на вероятността от провал или грешка. Накрая се прави комплексна оценка чрез агрегиране на отделните оценки на различните алтернативи. Заключениеята би трябвало да съдържат резултатите от анализа на чувствителността, при които всеки важен

компонент или параметър се променя съобразно своя ефект върху агрегирания риск, разходи и ползи. Един от възможните подходи е базиран на трите основни етапа, които представляват *формулиране, анализ и интерпретиране* на въздействието на алтернативите и институционалните и стойностните перспективи (вж. фиг. 3). При формулирането на риска се определя или идентифицира видът и размерът на риска, който се приема. На този етап са приложими методи като техниките на номиналните групи, мозъчната атака, методът Делфи. Важно е да се идентифицират не само елементите на риска, но и онези елементи, които определят потребностите, ограничителите и алтернативите, свързани с потенциалното му ограничаване с или без технологичните нововъведения. Това може да стане само в съответствие с определена ценностна система.



Фиг. 3. Инженерен системен подход към оценката на риска

На етапа на анализа се извършва прогнозиране на грешките, отклоненията и другите последствия, които могат да следват от разработването и прилагането на проекта. Това означава оценка на вероятностите по даден резултат и свързаните с него колебания. Много методи - например анализът на взаимното въздействие, интерпретиращото структурно моделиране, икономическото моделиране и математическото програмиране, са потенциално приложими на този етап. Входящите данни са тези, определени на етапа на формулирането на проблема.

На заключителния етап се прави опит да се даде организационна и политическа интерпретация на въздействието на риска. Това включва индивидуалните и груповите механизми за окончателната оценка, след което

следва вземането на решение. За целта са най-подходящи икономическите анализи от типа на проучване на ползата и разходите. Опитите да се включат резултатите от рисковия анализ в тези схеми са успешни. Основният проблем е, че рискът и ползите се измерват с различни параметри и поради това невинаги са съвместими. Вместо да се правят опити за превръщането на всички параметри в единен измерител, по-добре е да се представят рисковете и ползите в съответните измерители такива, каквито са.

Граници на рисковия анализ

За да се съдейства на интерпретирането на резултатите, се съставя графика на рисковете подобно на тази на съотношението разходи-ползи. Профили на риска могат също да бъдат полезни. Проекти 1 и 2 вероятно ще дадат обща печалба за целия период на съществуването си съответно около 150 млн. и 200 млн. дол. Проект 2 би трябвало да бъде приет от ръководителите поради по-доброто съотношение ползи/разходи. Въпреки това си струва да се прегледат данните малко по-подробно. Проект 2 има вероятност 0.15 да даде нулев резултат и само 0.43 вероятност да даде печалба 200 млн. Съществува и 0.20 вероятност доходоносността от него да бъде по малка от проект 1. Това е допълнителен риск, в случай че бъде избран проект 2.

На базата на посочената информация тези, които не са склонни да рискуват, ще приемат проект 1, имащ голям шанс (0.83) да донесе умерена печалба от 150 млн. дол., т.е. проект 1 има ограничено стандартно отклонение. Професионалистът би предпочел проект 2, който има малък шанс за по-голяма печалба.

Видът на рисковете прави резултатите от тях по-прозрачни и така позволява на вземащия решение да определи избора си съобразно своето отношение относно риска, било то консервативно, или по-свободно. Данните, необходими за съставянето на графика, са ограничени на брой и лесно могат да бъдат набрани от историята на подобни проекти. Инженерният и маркетинговият персонал, запознат с подобни проекти, може да осигури подобни данни. Ако няма колективен опит в рамките на организацията, за целта могат да се използват по-свободни или субективни оценки. За решаването на този проблем съществува набор от програмни продукти.

Основната отговорност при избора на проект и неговото реализиране надхвърля оценката на риска и се намира главно във функциите на висшето ръководство. Независимо от обстоятелството, че формалният анализ може да загатне за някои неочаквани проблеми при големи сложни проекти, той остава академично упражнение, докато ръководителите не приемат сериозно резултатите от него и не осигурят съответното ръководство на проектите. Сигурността трябва да бъде вградена в системата от самото начало, а добрият експлоатационен опит

е от съществено значение за успеха на всяка продължителна програма за управление на риска.

За правилното разбиране и управление на риска при определени системи е необходимо ръководителите да ги оценяват още на етапа на инженерните проекти. Често се казва, че действието на дадена система може да се намали поради лош качествен контрол, но не е възможно да се подобри една лоша конструкция или проект чрез добър качествен контрол. От момента, в който ръководителите на проекта поемат отговорността за вземане на важни решения, оценката на риска се превръща в един от начините за оценяване на алтернативите, така че изборът им да бъде повече оправдан, отколкото изолиран, или още по-лошо - да се повтарят минали грешки.

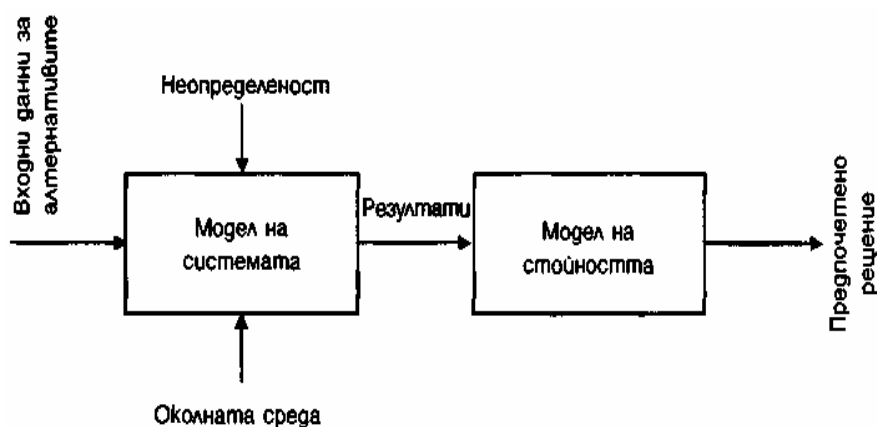
Методи за оценка, основани на мултиплициращи критерии

Често в общественения сектор стоките и услугите са или "комплексни" (например в отбранителната сфера и при космическите изследвания), или са толкова субсидирани, че пазарната им цена е нереалистичен измерител на действителните разходи за обществото. Поради това е необходимо да се намери начин за определяне на "недеформираната" цена на тези стоки и услуги, когато се анализират такива количествено неопределими параметри като сигурност, здраве, качество на живота. Не е възможно да се открие една-единствена променлива, чието директно измерване да даде един приемлив индикатор. Често се използват заместители. Например градският кодекс за опазване на околната среда може да се измерва чрез индекс, съставен от равнище на замърсяване на въздуха, шум, честота на трафика, гъстота на пешеходците. Друг индекс може да включва криминалната обстановка, пожарите и т.н. В национален план е прието да се цитира равнището на безработица, на индекса Дау Джонс, индексите на потребителските цени и на цените на производителите, количеството на промишлените складови наличности като индикатори на общото икономическо благосъстояние. На практика всеки от тези показатели е съставен от множество елементи, на които е дадено определено относително тегло и които след това са сумирани по атрибутивен начин. За оценката на големи и комплексни проекти се изискват по-систематизирани и рационални процедури.

Рамки за оценка и подбор

Успехът на даден проект зависи от група критерии, най-важният от които е предприетите действия да отговорят на неговите изисквания. Той обаче зависи и от вероятността проектът да остане в зададените рамки на бюджета и графика, на технологическите възможности извън непосредствената приложимост на технологията, отношението на потребителя към дългосрочните цели на организацията. За да се балансира всички тези фактори е необходим модел на стойността.

Парадигмата на анализа на всяко решение е посочена на фиг. 4. В процеса на вземане на решението трябва да се избере "предпочитаната" алтернатива от един краен набор от възможности. При това положение моделът на системата може да бъде опростен до електронна таблица или до динамична математическа симулация. Трябва да се обърне внимание на пълния набор от икономически, технологични и политически аспекти на проекта. Всяка алтернатива заедно с преобладаващата неопределеност трябва да се зададе на модела на системата и да се отрази съответният резултат.



Фиг. 4. Анализ на решението

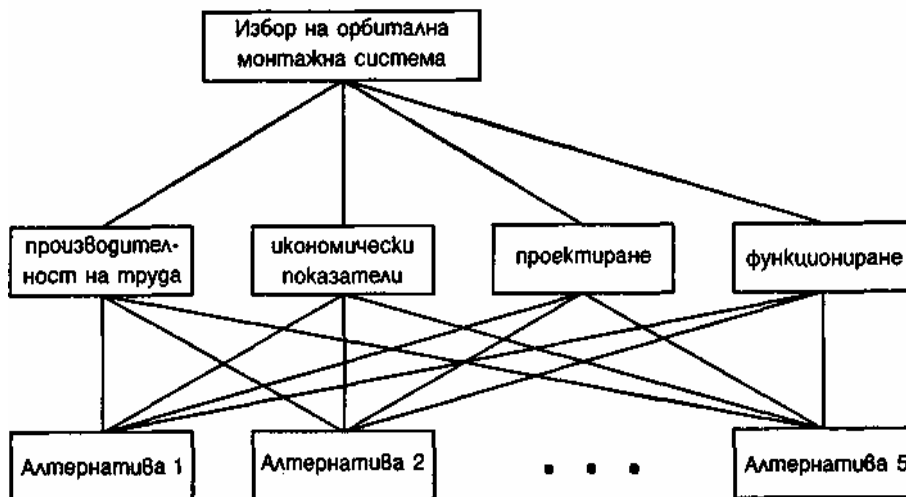
Когато неопределеността е минимална и данните са достоверни, резултатът ще бъде достатъчно точен. Когато преобладава неопределеността, може да бъде невъзможно разработването на приемлив модел на системата. Системният анализ е най-ефективен, когато проблемите се намират по средата на тези две крайности. Например, ако ще се разработва сложна енергийна система, някои инженерни принципи и натрупан опит със съответните прототипи трябва да дадат достатъчна индикация за резултатите. Въпреки това ще има известна неопределеност по отношение на разходите за реализирането на системата или относно нейната надеждност при нормална експлоатация.

При парадигмата на анализа на решенията резултатите от дадена система дават входните параметри на модела на стойността. Изходните параметри са резултат от предпочитанията на вземания решението по отношение на степенуването на изходните параметри или цифровите стойности, които показват предпочитанията и тяхното подреждане.

Процес на аналитичната йерархия (АНР)

АНР е разработен от Thomas Saaty (1986) с цел получаване на проста, но стабилна методология за мултикритериен анализ на алтернативите. Процесът може да намери приложение при такива решения като избор на портфейл, планиране на транспорта, конструиране на производствени системи, изкуствен интелект и др. Достойнствата на АНР се състоят във възможността да структурира даден комплексен, междуличностен, мулти-атрибутивен проблем и да изследва всяко равнище от йерархията, комбинирайки резултатите с напредването на анализа. Сравняването на отделните двойки фактори (които в зависимост от контекста могат да бъдат алтернативи, атрибути или критерии) става чрез използване на определена скала, показваща силата, с която даден фактор доминира над останалите с отчитане на приоритетните фактори. Процесът на подреждането може след това да се трансформира в приоритетни тегла или подреждане на алтернативите.

Методът АНР започва със съставяне на йерархия на целите. На върха е формулировката на проблема. На следващото равнище в най-общ вид се формулират основните съображения, обикновено последвано от изреждане на критериите за всяко съображение. В зависимост от това колко детайлизиран ще бъде моделът, всеки критерий може да бъде разделен на индивидуални параметри, чиито стойности или се оценяват, или се определят чрез опити или измервания. Най-ниското равнище на йерархията съдържа алтернативи или сценарии, включващи проблема, който се решава.



Фиг.5. Обобщена тристепенна йерархия за проблема на подбор

На фиг. 5 е показана тристепенна йерархия, разработена за оценката на пет възможни подхода при конструирането на (американската) орбитална станция. Основата на проблема е "избор на орбитална монтажна система" и четирите основни критерия са производителност на човешкия фактор, икономичност, дизайн и функционалност.

Петте алтернативи включват един астронавт да работи извън станцията, механичен манипулатор, управляван от човек, сложен манипулатор с компютърен контрол, маневрираща теле-управляема система с управляващ модул или манипулатор с визуален контрол и управление. В действителност в процеса на анализа всеки от критериите на равнище 2 се детайлизира допълнително с цел по-прецизно сравняване.

Най-общо предимствата на АНР процеса са следните:

- методът е лесно разбираем и лесно приложим;
- конструкцията на целевата йерархията на критериите, алтернативите и атрибутите позволява съчетаване на проблема и препоръчаните решения;
- АНР дава възможност прилагането на уникални техники за количествена оценка и последователност на измерванията.

7.VII.2003 г.