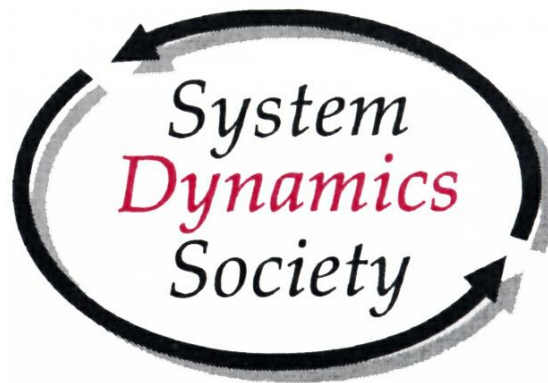


МОДЕЛИРАНЕ НА ДИНАМИЧНИ СИСТЕМИ С ОБРАТНА ВРЪЗКА (СИСТЕМНА ДИНАМИКА)



СЪЩНОСТ И ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ В СИСТЕМНАТА ДИНАМИКА

Въпроси за самоподготовка:

1. В какви области се прилагат методите на системната динамика?
2. Каква е разликата между индикативната системна динамика и дискретните методи за прогнозиране?
3. Кои са причините и трудностите в развитието на системната динамика?
4. В какви области се създават модели на сложни системи с методите на системната динамика?
5. Кои са основните елементи на динамичната система?
6. Какво представлява концепцията за линията на времето в системната динамика?
7. Каква е основната разлика между статичния и динамичния подходи?
8. Какви поведения(линии) във времето на динамичните системи познавате?

ЦЕЛИ НА СИСТЕМНАТА ДИНАМИКА

Въведение в **системната динамика**^{xvii} - метод за представяне, изследване и анализиране на комплексни въпроси и проблеми.

Моделирането на Динамични Системи с Обратна Връзка (System Dynamics^{xviii}) е методология за изследване и управление на комплексни системи с обратна връзка, каквито съществуват както в бизнеса, така и в социалните системи. Всъщност тя се използва за да се изследва практически всякакъв вид система с обратна връзка. Докато Системата на Света (разработена от Форестър) се е използвала за всякакви ситуации, обратната връзка е специфичното в системната динамика. **Обратната връзка** се отнася до ситуация, при която X влияе на U и U влияе обратно на X чрез верига от причинно-следствени връзки. Тъй като в такива ситуации не е възможно да се изследва връзката между X и U и между U и X самостоятелно, се налага да се изследва поведението на системата като цяло. Това е единствения начин да се получат коректни резултати.

Системната динамика (СД) помага на вземащите решения да разбере комплексността на различни системи и бизнес процеси чрез специализиран **език и инструментариум**, с които се описват и моделират причинно-следствените връзки между множеството променливи на системата/процеса.

Целта е да се научат вземащите решения как да определят основните елементи на динамичните системи и кои са закономерностите, които влияят на тяхното поведение във времето. СД представя принципите на създаване на модели на динамични системи и приложението им за симулации и анализи за подпомагане вземане на решения.

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СД

Търсене на полезни **решения** за реални проблеми, особено за **социални системи** (бизнес, училище, правителство, ...) и околна среда.

Използване на **модели за компютърна симулация** за да се разберат и подобрят такива системи.

Базиране на **симулационните модели** върху менталните модели, количествените знания и цифрова информация.

Използване на методите за осигуряване на **обратна връзка** за контрол от инженерните и други научни дисциплини за оценка и подобряване качеството на моделите.

Търсене на пътища за внедряване на **научните резултати** в бизнеса.

Системната Динамика разглежда системите на много високо ниво, което е по-подходящо за **стратегически анализи**. Подхода на използването на дискретни модели може да изглежда като подсистема, която осигурява детайлни анализи и е по-подходяща например за процесите на ре-инженеринг.

Системната динамика е **индикативна**, т.е. помага да се разбере направлението и величината на ефекта (например къде в системата трябва да направим промени), докато подхода на дискретните модели се използва за **прогнозиране** (например от колко ресурси се нуждаем за да постигнем определена цел?).

Анализите на моделите използвани в системната динамика са **продължителни по време** и използват главно описателни анализи, докато процесите с дискретните модели използват анализи в точно определен времеви хоризонт и използват стохастични анализи.

Системната динамика е значима методология и техника за компютърно моделиране и симулация, която се използва за определяне на рамките, за разбиране и дискутиране на сложни въпроси и проблеми.

ПРОИЗХОД НА СИСТЕМНАТА ДИНАМИКА

Симулирането на йерархична система с обратна връзка се основава на методи, които са твърде различни от подходите, използвани при дискретните събития. В такива случаи главно се обръща внимание на стабилността на системите – как да се отговори на промените получени на входа на системата. *Например какво ще се случи ако търсенето нарасне бързо и след това падне наново? Или какъв ефект ще има удвояването на наличните количества за кратък период от време върху количествата на стоките които се произвеждат?* За да се отговори на тези и подобни въпроси се обръщаме към методи за симулиране, които могат да се справят със **закъсненията** на информационните и материалните потоци, като помагат да се изследват нестабилни процеси.

Системната динамика се е наричала отначало Индустриална динамика^{xix}. Независимо от нейната дълга история, много занимаващи се с научен мениджмънт са скептично настроени относно нейната ценност. Вероятно има две причини^{xx} за това: Първо, Индустриалната динамика е една амбициозна книга, може би твърде амбициозна. Това ясно се вижда от твърдението на Форестър, че това е един революционен подход в мениджмънта. От гледна точка на изминалото време, това изглежда твърде преувеличено. Дори по време на публикацията, този механистичен подход трябва да се разглежда като ограничен за приложение в мениджърската практика.

Друга възможна причина за общия скептицизъм е, че СД определено не е високо прецизен и точен инструмент. Целта е да се изследва динамиката на системите с обратна връзка в смисъл на тяхната стабилност и да се отговори на външните шокове. В много случаи представянето на нестабилността може да бъде толкова грубо, че да не изисква точни анализи. СД представлява един начин за приблизително симулиране на такава система. За по възискателните изследователи апроксимацията може да се окаже твърде голяма.

Анализите на системите с обратна връзка чрез диференциални уравнения се използва много широко от инженерите. СД адаптира един твърде опростен подход, в който диференциалните уравнения са заменени с такива от първи ред. Както ще се види по-нататък, това резултира върху един подход на интегриране, който трябва да бъде използван внимателно, за да не се получи заблуждаващ резултат от използваната симулация. Независимо от това простотата на модела може да помогне за прилагането му от мениджърите, поради разбираемостта и възможността те да вникнат лесно и да го използват.

Идеята да се моделират социо-икономически системи в терминологията на системите с обратна връзка не излиза от Форестър. Той признава правото на Tusin^{xxi} (1953) за съгласуване на детайлите в аналогията между сервомеханизмите и икономическите системи. Приносът на Форестър е в осигуряването на един прост и систематичен начин да се симулира такава система.

Джей В. Форестър и история на Системната Динамика - Увлекателен отчет на създаването и развитието на Системната динамика е описан в Джей В. Форестър, 1992, От ранчото до системната динамика: Автобиография (Jay W. Forrester, 1992, "From the Ranch to System Dynamics: An Autobiography," In: Arthur G. Bedeian, ed., Management Laureates: A Collection of Autobiographical Essays, Volume 1 of 3, Greenwich, CT: JAI Press.)

Форестър създава **Тренажор за самолети** за военноморските сили на САЩ още през 1945г.

По-късно създава компютри за Североамериканската **SAGE** (Semi-Automatic Ground Environment) отбранителна система.(1950)

Трудности свързани с корпоративния мениджмънт, както и сложността на социалните системи и нуждите за контролирането им стимулират изследванията и разработването на методи за моделиране на такива сложни системи.

Ричар Бенет създава първия език за моделиране на динамични системи наричан SIMPLE (Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations) през лятото на 1958.

През 1959, Филип Фокс и Александър Пуг написаха първата версия на DYNAMO (DYNAmic MOdels), една подобрена версия на SIMPLE и език на системната динамика, който става индустриален стандарт за над 30 години.

1959-1960 – Форестър и неговия екип промениха полето на реализация на системната динамика от технология на ръчно симулиране към симулиране чрез компютърна техника.

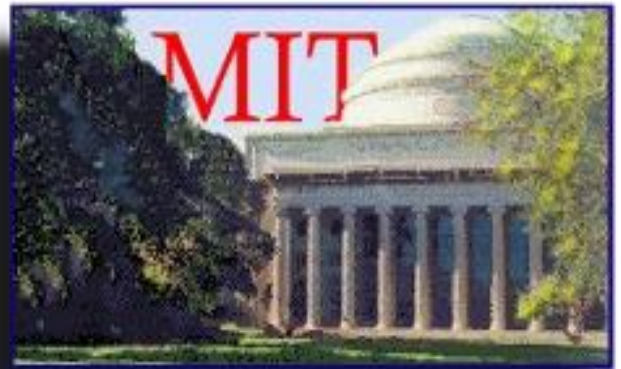
Форестър публикува първата, призната за класика книга за системната динамика през 1961 г. Industrial Dynamics.

СИСТЕМНАТА ДИНАМИКА В УРБАНИСТИКАТА

1950 – 1960-те, е използвана за решаване главно на корпоративни/мениджърски проблеми.

През 1968, Джон Колинс, професор по урбанистика в МИТ заедно с Форестър прилагат системната динамика в решаване на проблемите на градовете. Резултатът е книгата Urban Dynamics.

Моделът представен в книгата е дискуссионен, защото илюстрира известни стратегии за управление на града и демонстрира тяхната неефективност, а развитието на модела ще помогне за намиране на по-добри решения за намаляване на безработицата, подобряване стандарта на живот и т.н.





Глобалните кризи, които могат да настъпят (намаляване на невъзстановимите ресурси, замърсяването) базирани на увеличаването на хората на земята. Системната динамика се насочва към оценка на “опасностите за човечеството”.

Модел на света като социо-икономическа динамична система - WORLD1,

Прецизиране на модела - WORLD2 включващ взаимодействието между населението, индустриалното производство,

замърсяването, ресурсите и храната.

Денис Медоус - WORLD3 – в книгата “Ограничението на растежа”. По-сложен и точен от предшественика си, генерира същото поведение и послания, но е представен в по-достъпен език и придобива популярност

Усъвършенстван динамичен модел WORLD3-91-в книгата “Отвъд границите”. Съдържа значим обем количествена информация. Представя внимателно аргументите против критицизма, представени в предишните книги.

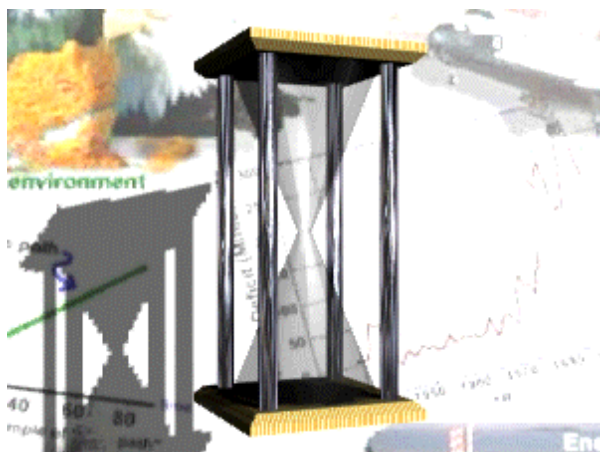
ЕЛЕМЕНТИ НА ДИНАМИЧНАТА СИСТЕМА

СД предоставя основните елементи/блокове, необходими, за да се конструират модели и учи как и защо сложните реални системи се изменят във времето. Концепцията за **линията на времето** в СД дава възможност да следим изменението на модела и неговото поведение във времето, за разлика от статичния подход, при който се прави „моментна снимка” на събитието.

Концепцията на СД включва понятията: **резервоари, потоци и обратна връзка**, от които се изгражда всяка динамична система.

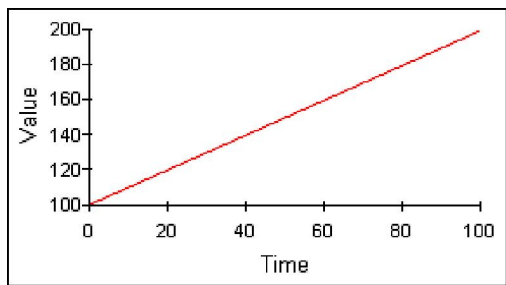
ДИНАМИЧНИ ИЗМЕНЕНИЯ

Системната динамика описва **поведението на системата във времето**. Възлов момент в изпитването на една система или проблем е идентифицирането на техния основен модел на поведение – това, което често се нарича „линия на времето”. При моделирането на системата, конструктора се опитва да определи моделите на поведение като определя важните за системата променливи и след това построява **модел**, който може да имитира това поведение чрез изменение на тези променливи. Когато се направи модел с възможност да имитира системата, той може да се използва като лаборатория за тестване на различни ситуации чрез наблюдаване на неговото поведение.



Реалните системи могат да следват разнообразни **линии на времето** (често едновременно).

ЛИНИИ НА ВРЕМЕТО



Фиг. 1 Линеино нарастване

А. Линеино поведение

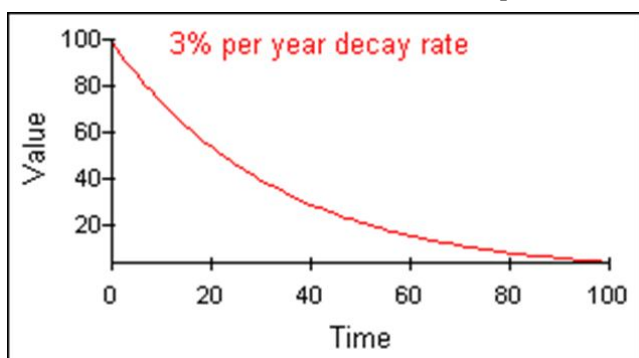
- Равновесие
- Линеино нарастване
- Линеино намаляване.

Чисто линеино поведение обикновено имат системите, които не **притежават обратна връзка**. Такова линеино поведение имат и някои реални системи, които притежават перфектен баланс и не са подложени на промени. Повечето от научните работници занимаващи се с икономика и управление използват модели базиращи се на концепцията на равновесието. Специалистите използващи СД от друга страна вярват, че по-интересното поведение на системите е неравновесното поведение и че по-ефективните модели изобразяват неравновесни линии на поведение.

Б. Експоненциално поведение

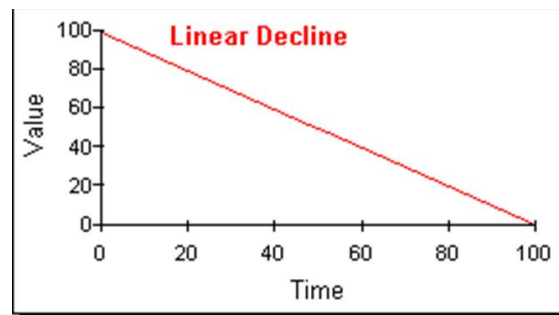
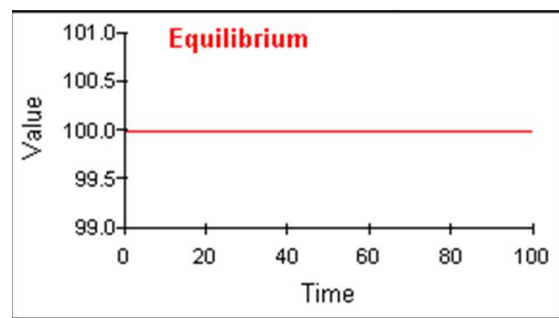
- Експоненциално нарастване
- Експоненциално намаляване.

Реалните системи обикновено проявяват тенденции на експоненциално нарастване или намаляване, в противовес на линеиното поведение.



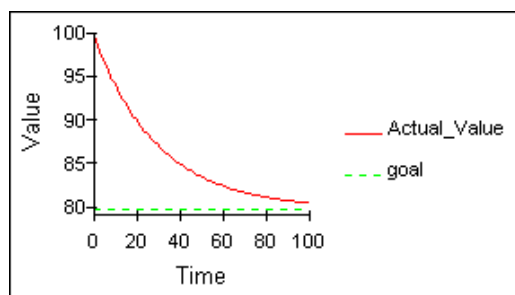
В. Поведение на приближаване към целта

Всички природни системи (и много изкуствени системи) имат поведение на стремеж към определена цел (стойност). Такова поведение е свързано с експоненциалното. Разликата е само в това, че експоненциалното намаляване се стреми към

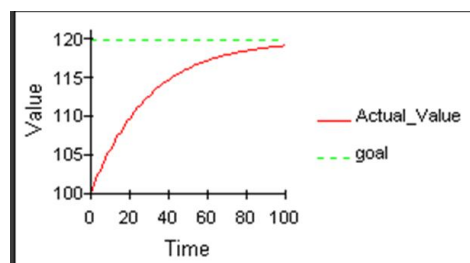


Фиг. 2 Експоненциално нарастване

поведение.



Фиг. 3 Приближаване към цел.



5. Същност и основни понятия в СД

нулата, докато поведението на приближаване към целта се стреми към някаква ненулева стойност.

Г. Поведение на колебание (Осцилиране)

- Устойчиво
- Затихващо
- Нарастващо
- Хаотично

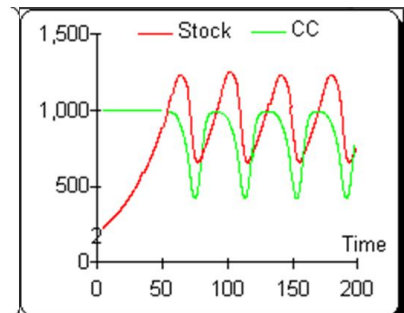
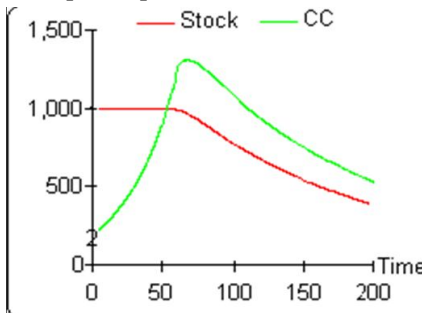
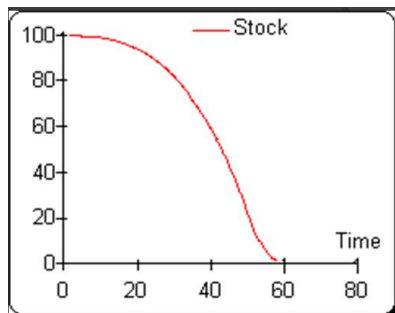
Осцилирането е едно от най-често срещаното динамично поведение в света охарактеризира много значими модели на поведение. *Устойчивите* осцилации имат периодичност - броя на върховете за един цикъл. *Затихващи* осцилации имат системи, които имат процеси на намаляване на разсейването или на отпускане. Хаотично поведение имат

осцилациите, които се променят неритмично и никога не се повтарят.

Д. Поведение във форма на S

- Обратно s намаляване
- Прехвърляне и рухване
- Прехвърляне и осцилиране
- Нарастване в s-форма

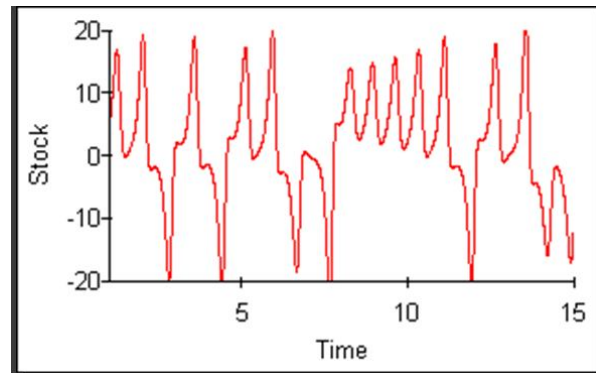
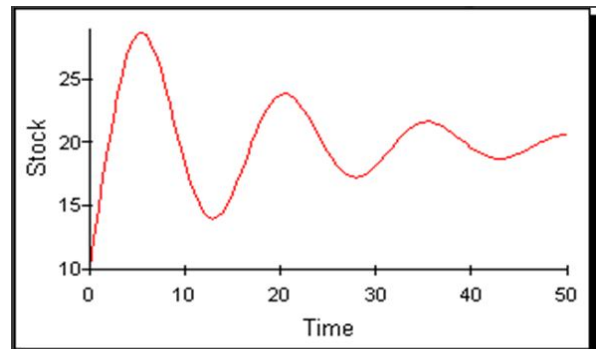
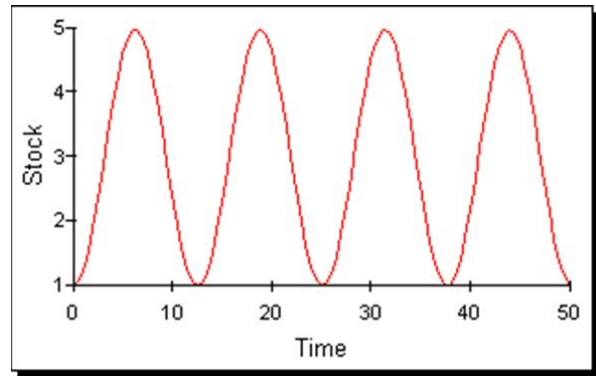
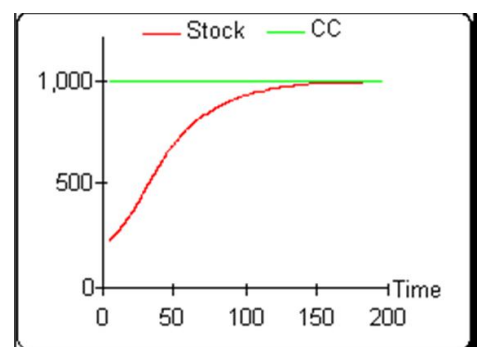
Можем да видим много примери от



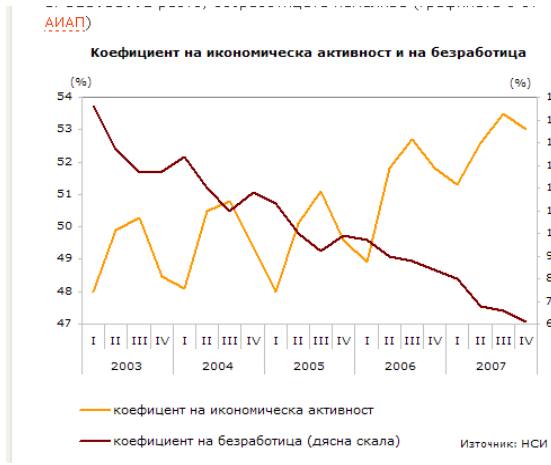
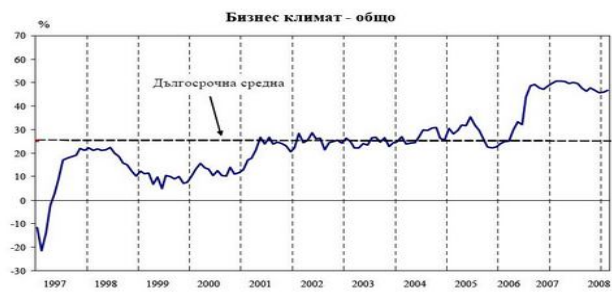
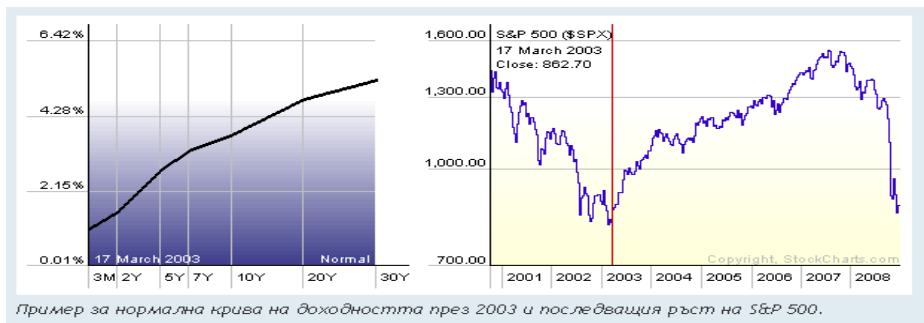
действителни данни за демонстрация на поведението във времето на реални системи

Математическият модел е представен с уравнение и графично представен.

Каква е разликата в средносрочната прогноза и базовия тренд?



Примери на действителни данни за изменение във времето:



Методологията на СД включва следните етапи:

- идентифициране на проблема;
- разработване на динамични хипотези обясняващи причината на проблема;
- построяване на компютърен модел за симулация на проблема като принципи;
- тестване на модела дали представя коректно поведението на реалната система;
- разработване и тестване на алтернативи които представят проблема в различни ситуации;
- прилагане на избраното решение.