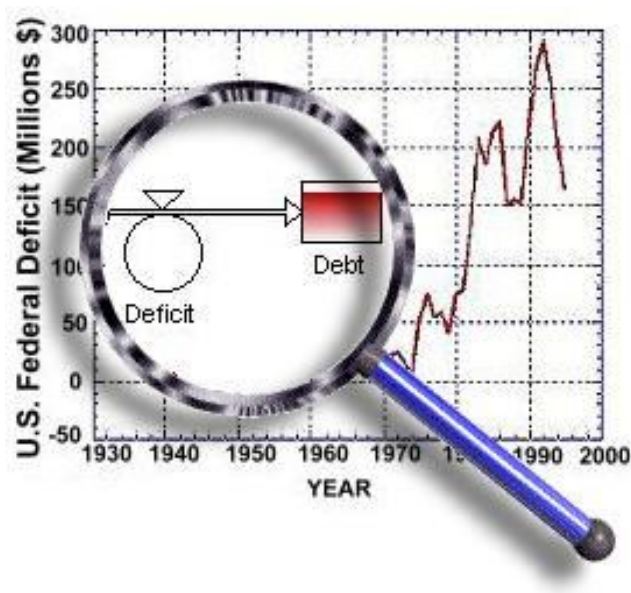


СТРУКТУРИРАНЕ НА ДИНАМИЧНИ СИСТЕМИ



Въпроси за самоподготовка:

1. Какво представлява принципа на акумулирането в системната динамика?
2. Каква е разликата между резервоара и потока в динамичната структура?
3. Какви са принципите на определяне на резервоарите и потоците в динамичната структура?
4. Кои са основните характеристики на резервоарите?
5. Какво представлява обратната връзка в динамичната структура?
6. Какви видове обратна връзка в динамичната система познавате?
7. Какво представлява позитивния контур в системата?
8. Какво представлява негативната обратна връзка?
9. За какво се използват причинно-следствените диаграми?
10. Какво означава положителна/отрицателна полярност на обратната връзка?

ОСНОВИ НА ДИНАМИЧНОТО СТРУКТУРИРАНЕ

ВЪПРОСИ:

Какви са причините за поведението на системата във времето?

Концепцията за **акумулирането** (резервоара) и **степената на промяната** (потока) като променливи.

Ролята на нелинейните връзки при определянето на ограниченията в системата.

Силата или определящата роля на обратната връзка върху комплексното поведение на системата.

➤ Резервоари и потоци

Принцип на акумулирането (натрупването)- всяко динамично поведение в света се реализира, когато *потоците се акумулират в резервоари.*

Резервоара може да се възприема като **басейн**, а **потока** може да се разглежда като комплект от **кран и тръба**, които пълнят или изпразват **резервоара**.

Структурата **резервоар-поток** е най-простата динамична структура.

➤ Идентифициране на резервоарите и потоците

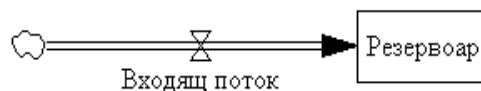
За да се идентифицират резервоарите и потоците, дизайнера на динамичната система трябва да определи кои **променливи** в системата **изобразяват** проблема, който определя нейното състояние (нейните резервоари) и кои **променливи въздействат** върху нейното състояние (нейните потоци).

Водещи принципи при определяне на резервоарите и потоците:

А. **Резервоарите** обикновено се представят със *съществителни имена*, а **потоците** обикновено се представят с *глаголи*.

Б. *Резервоарите не изчезват* ако времето хипотетично спре (например ако се направи една моментна снимка на системата); *Потоците изчезват*, ако времето (хипотетично) спре.

В. Резервоарите изпращат навън сигнали (информация за състоянието на системата) към останалите елементи на системата.



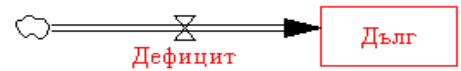
Фиг. 4 Елементарна диаграма – резервоар-поток.

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА РЕЗЕРВОАРИТЕ:

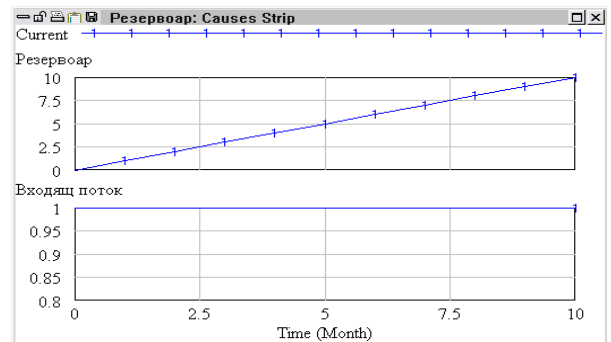
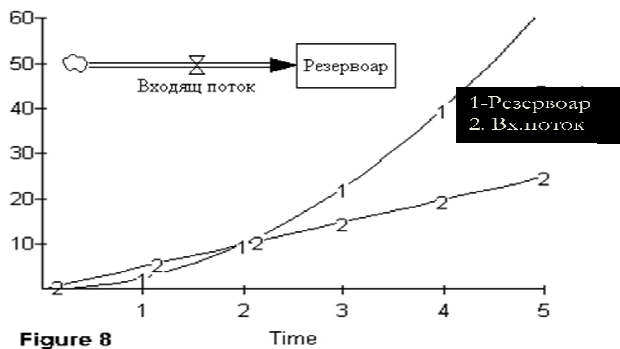
Резервоарите **имат памет**: Ако входящия поток към резервоара спре, броят на единиците в резервоара няма да намалее, но и ще остане на същото ниво. За да се намалят единиците в резервоара е необходимо да има изходящ поток от него. Това

често се игнорира от хората, които смятат, че е достатъчно да се спре входящия поток за да намали броя на единиците в резервоара.

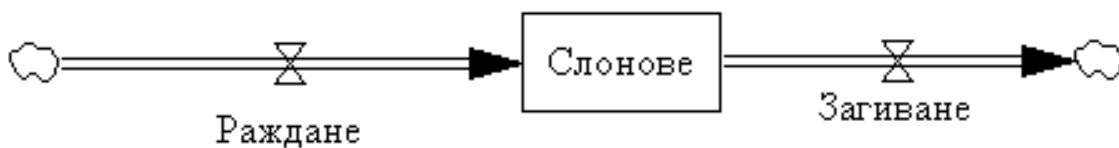
Подобен е случаят с изчерпването на озоновия слой в атмосферата. През 1990 г. се постигна съглашение между държавите в света да забранят производството (и така евентуално да се спре изтичането в атмосферата) на унищожаващите атмосферния озон фреони - ХлорФлуорКарбони (CFC's).



Резервоарите **променят формата на потоците във времето**: Поведението на резервоара във времето е линейно нарастване, докато формата на потока във времето е равновесие на ниво 1 единици. Това се основава на свойството на резервоара да акумулира единици в себе си.



Резервоарите **разделят потоците** - "разделяне" или прекъсване на потоци - С резервоар можем да разделим един поток на два съседни, които да имат различна форма. В допълнение, разделянето на потоци от резервоар прави възможно контролирането на входящия поток чрез източниците на информация която се различава от контролирания изходящ поток.



Резервоарите генерират **закъснение**- Това може да се види чрез повторно изследване на резервоар в който влиза синусоиден поток. Резервоарът постига всеки от върховете в синусоидата определено време след като потокът постига съответния връх и това се повтаря циклично.



Често има значимо закъснение между причината и следствието. В системната динамика е много важно да се **установи закъснението** в процеса на моделиране, защото то често изменят съществено поведението на системата.

Колкото по-голямо закъснение има между причината и следствието, толкова по-трудно се открива връзката между тях от вземащия решение.

ОБРАТНА ВРЪЗКА

Резервоарите и потоците в реалните системи са част от контура на обратните връзки на системата. Контурите на обратните връзки често са съединени заедно в нелинейни двойки, което обуславя неочаквано поведение на системата. От гледна точка на СД всяка система може да се определи като отворена или затворена. **Отворената** система има изход, който отговаря, но няма влияние върху нейния вход. **Затворената** система има изход, който и отговаря и влияе върху нейния вход. На практика затворените системи са по-разпространени и по-значими за СД.

Обратната връзка на една затворена система включва:

резервоар - променлива, която определя състоянието на системата

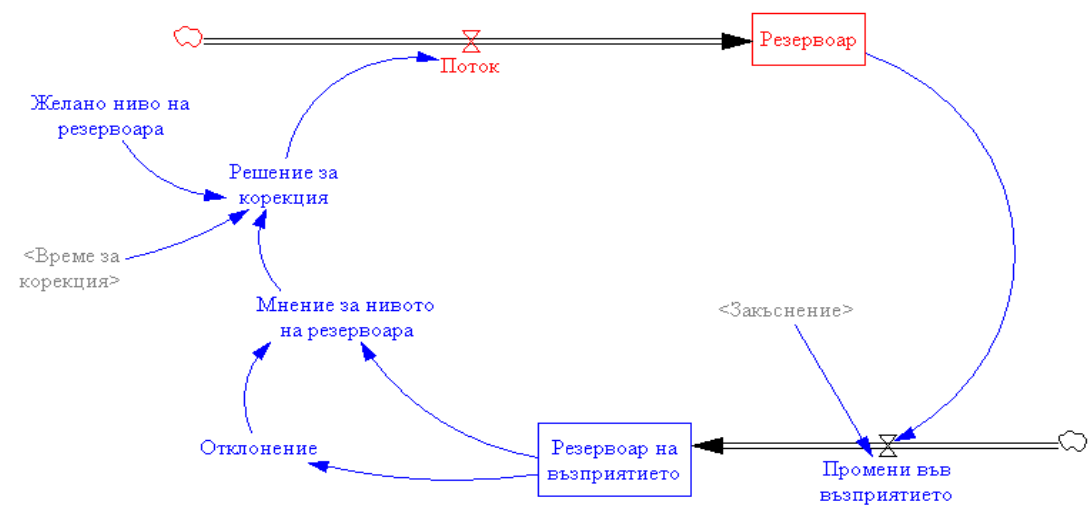
информация за резервоара – променливи изпращани обратно към потока (крана изпълняващ решение)

правила за решаване, които контролират промените в потока – решение, което се базира на информацията (нивото в резервоара) и се изпълнява от потока (крана) което може да промени състоянието на системата (да увеличи или намали нивото в резервоара).

Важно е да се отбележи, че информацията често **закъснява** или изкривява действителното състояние на системата, което оказва влияние върху решението.

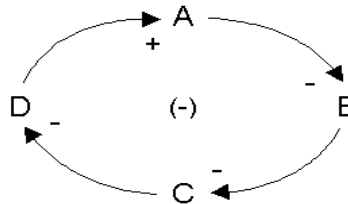
Всеки контур на обратна връзка в един модел на СД трябва да съдържа поне един резервоар.

- Минорна връзка – 1 резервоар
- Майорна връзка – повече от 1 резервоар



ВИДОВЕ ОБРАТНИ ВРЪЗКИ

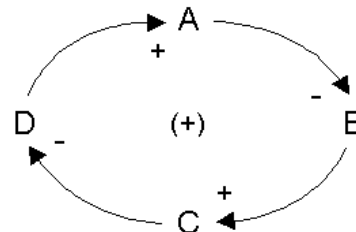
Позитивна обратна връзка "подсилва контура"- процеси на нарастване, когато едно действие създава резултат, който е **по-голям от самото действие** и съответно дава **по-голям резултат**. Позитивната обратна връзка дестабилизира системата.



Негативна обратна връзка - описва процеси на приближаване към целта, което създава действия целящи да *придвигат системата напред* или да *запазят* системата в желано състояние (да стабилизират системата).

запазят системата в желано състояние (да стабилизират системата).

Фиг.8.5 основна причинно-следствена диаграма



Причинно-следствени диаграми - това са карти на връзката причина-следствие между отделните променливи на системата, които когато са свързани формират затворен контур (фигура 8.5.)

стрелки - свързват променливите и показват местата на причинителя и следствието **плюс или минус** в челото на всяка стрелка показват посоката на въздействие между променливите, когато всички други променливи (условно) останат постоянни

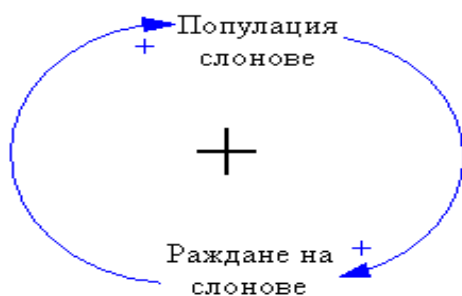
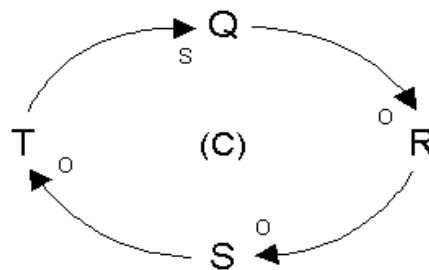
променлива в опашката на всяка стрелка определя измененията на променливата в челото на стрелката, при равни други условия. Измененията са в същата посока, ако знакът е плюс и са в обратна посока, ако знакът е минус.

Обща полярност на обратната връзка - показва дали обратната връзка като цяло е положителна или отрицателна.

Положителна или Отрицателна полярност

Полярност

- Буквата "S" (за същата (Same) посока) вместо знак **плюс** в челото на стрелката дефинира положителна връзка между променливите
- Буквата "O" (за обратна (Opposite) посока) се използва вместо знак **минус** за дефиниране на отрицателна обратна връзка.
- Буквата "R" (за подхранване "Reinforcing") или икона на снежна топка търкаляща се надолу показва положителна обратна връзка показва обща положителна полярност на контура.
- За да се покаже отрицателна връзка се използва буква "B" (за балансиране "Balancing"), буква "C" (за противодействие "Counteracting"), или икона на теглилка .



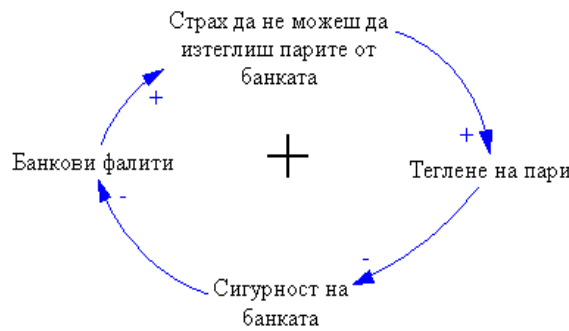
Примери на положителен контур:

Популация - нарастване /намаляване

Положителна връзка Раждането като причина за нарастването на стадото слонове .

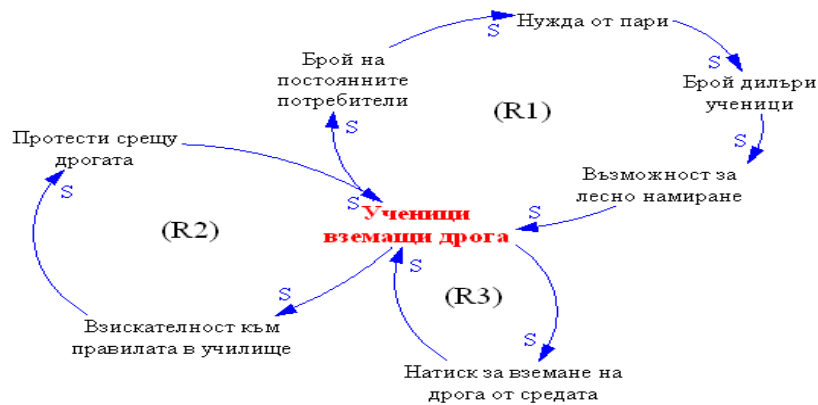
Национален дълг

Положителната връзка показва нарастване на лихвите по плащане на дълга в зависимост големината на дълга

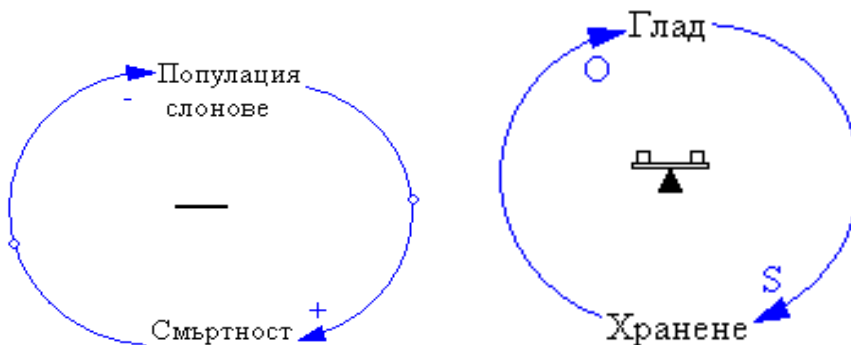


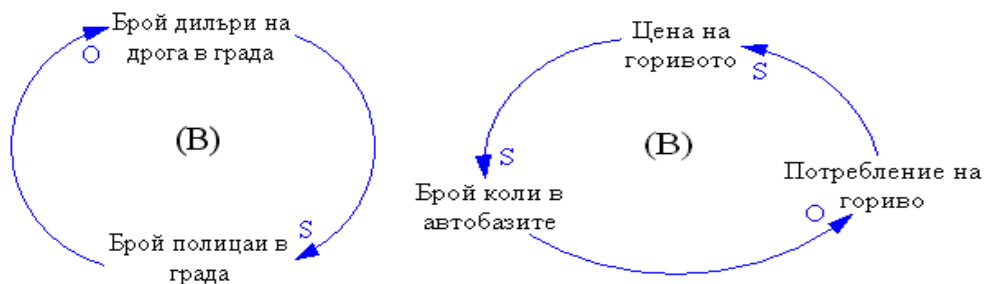
Три взаимодействия си положителни контура представящи нарастващия брой ученици в училищата използващи дрога.

Взаимодействия положителни контури



Примери на отрицателен контур:





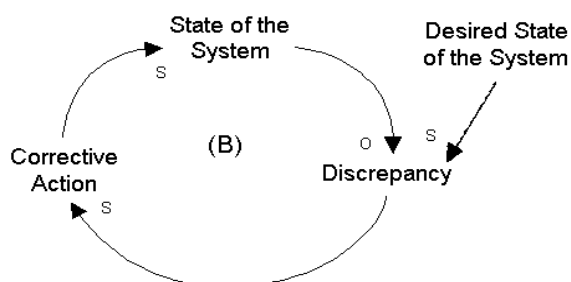
Явни и неявни цели

Предходните негативни контури са до известна степен заблуждаващи, защото целите които преследват са неявни.

Например в диаграмата за популацията на слоновете неявната цел е нула. Това е защото, ако разглеждаме контура самостоятелно, след определен период от време всички слонове и популацията ще изчезнат

Алтернатива на представянето на процес с негативна обратна връзка е чрез явно определяне на целта за всеки контур.

На фиг. е дадена причинно-следствена диаграма на обща структура с негативна обратна връзка и явно определена цел. Логиката на този контур показва, че по всяко време се проявява несъответствие между състоянието на системата и нейното желано състояние. Коригиращото действие е насочено към придвижването на системата обратно към нейното желано състояние.



Разликата между действителния брой слонове в стадото и желания брой (определен на база капацитета на жизнената им среда) се коригира чрез ловуването им. Това коригира размера на стадото и го води към желания размер.

Нелинейност

Когато търсим връзки в една реална система, които предпазват нейните резервоари от негативно или безкрайно нарастващо състояние, ние обикновено търсим нелинейност на системата. Нелинейна връзка обикновено дефинира ограниченията на системата.

Нелинейните връзки играят друга важна роля в реалните системи и в моделирането на динамични системи. Моделирането включва идентификация, създаване на карти и симулиране на поведението на системните елементи: резервоари, потоци, обратна връзка.

ПРОСТИ СТРУКТУРИ

Разглежданите по-долу структури на системи използват основните линии на времето включващи: експоненциално нарастване и намаляване, поведение на приближаване към целта, система с осцилиране и поведение във форма на S

- В моделите обикновено се залагат три основни линии на поведения:

Експоненциално нарастване

Експоненциално намаляване

Приближаване към целта.

Тези добре познати линии на времето могат да се миксират и оттук да се разберат и обяснят по-добре чрез прости динамични структури.

Преди това обаче трябва да се направи разлика между аналитичните решения и решенията чрез симулация на динамични системи.

Важно е да се използва компютърната симулация, тъй като с нея може да се реализира не само обикновена линейна обратна връзка, но и ситуации, където има много резервоари и съответните им потоци, които са сложни и непрекъснато изменящи се във времето в зависимост от (често нелинейно) взаимодействие между тях.

- Решения чрез симулация

Повечето модерни програмни продукти за симулиране на динамични системи позволяват да се създаде модел чрез поставяне на икони (резервоари, потоци, обратна връзки и др.) върху екрана и да се свържат с мишката на компютъра. В същото време софтуерът автоматично създава уравненията, които съответстват директно на всяка икона.

- Аналитични решения

За разлика от решенията взети чрез симулация, аналитичните решения са общи решения на уравненията, представящи динамичната система. Докато чрез симулацията се следи във времето процеса на вливането на потоците в резервоарите на системата, с аналитичните решения се изчислява точната стойност на потока, който се влива в резервоара на системата за определен период от време.

Само линейната система има точно аналитично решение. Нелинейните системи не могат да бъдат „разделени“ на части и да се решат аналитично. Те трябва да се анализират като едно цяло. Тъй като нелинейните динамични системи нямат точно аналитично решение, тяхното поведение може да бъде определено само чрез симулацията им.