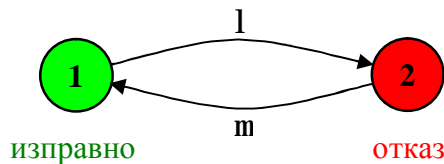


ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 5

МОДЕЛИРАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА СЛОЖНИ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИ СИСТЕМИ

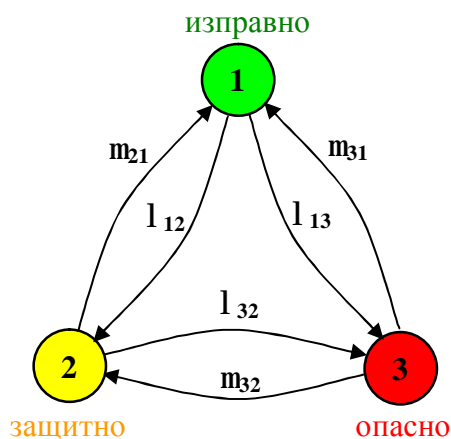
1. Описание на надеждността на елемент с марковски процеси

Надеждността на един елемент може да се опише с марковски граф с най-малко две състояния (фиг. 1) – **изправно** \bullet и състояние на **отказ** \bullet . Преходните интензивности между отделните състояния отговарят на интензивностите на отказ и възстановяване. Интензивността на отказ от линия i към линия j се бележи с λ_{ij} , а интензивността на възстановяване от линия j към линия i с μ_{ji} . Ако са известни тези две интензивности могат да се намерят всички показатели на надеждността за съответния елемент: Вероятност за безотказна работа $P(t)$, вероятност за отказ $Q(t)$, коефициент на готовност P , коефициент на неработоспособност Q , време за пребиваване в състояние на отказ, време за пребиваване в изправно състояние, време до отказ, време между отказите, време за възстановяване и т.н. Някои от интензивностите на отказ и възстановяване могат да имат стойност нула.



Фиг. 1. Граф на надеждността на един елемент с две състояния

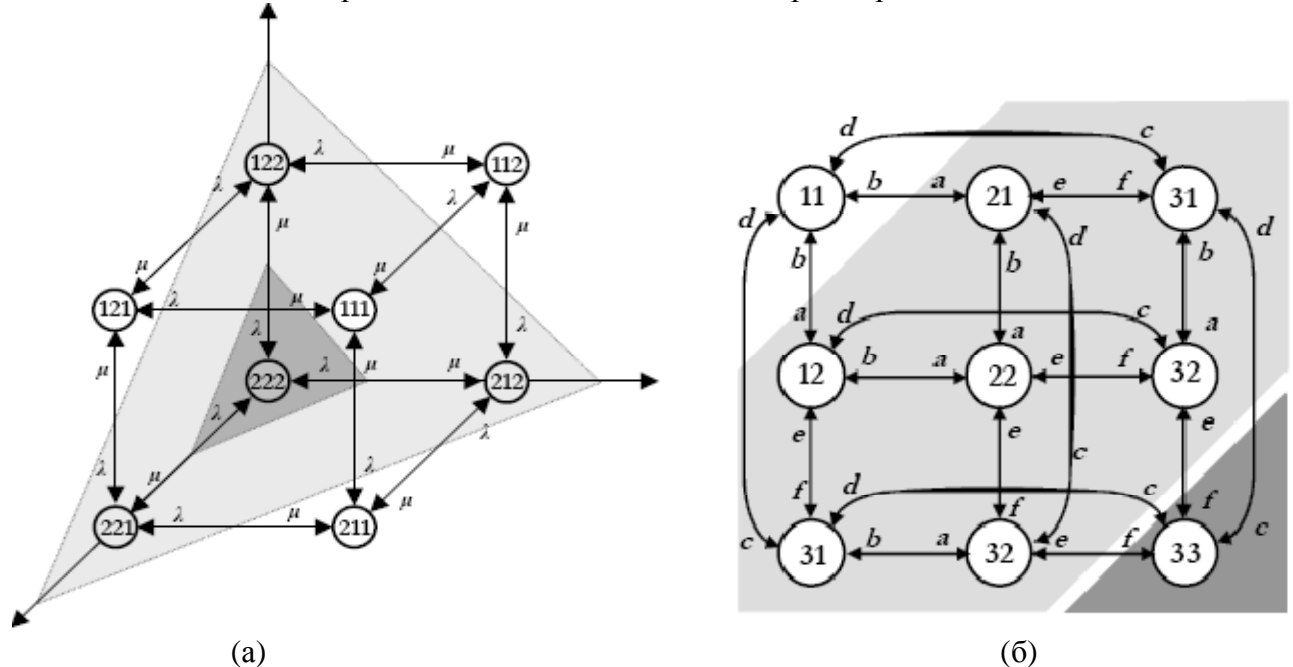
Надеждностният граф може да има и повече от две състояния. На фиг. 2 е даден граф на надеждността на един елемент с три състояния – **изправно** \bullet , **защитно** \bullet , и **опасно** f . Защитното състояние е частичен отказ може да бъде, например, увеличаване на времето за пренасяне на съобщение, пакет и др. Опасното състояние означава пълен отказ, т.е. невъзможността въобще да се осъществи връзка.



Фиг. 2. Граф на надеждността на един елемент с три състояния

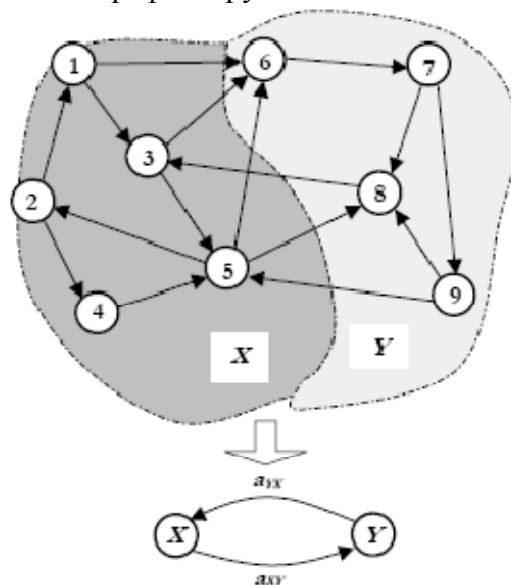
Една сложна система може да се представи като съвкупност от n по-прости компонента, всеки от който се описва от гледна точка на надеждността с граф като тези от фиг. 1 или фиг. 2. За такава сложна система са възможни 3^n парциални състояния. Едно или повече парциални състояния могат да се причислят към едното от глобалните състояния **изправно**, **защитно** и **опасно** състояние (изправно, частичен или пълен отказ). За това характерът на парциалното състояние не съвпада по принцип с този на глобалното състояние.

Преходните интензивности между възлите на графа могат да съществуват само ако е спазен принципа за ординарност. Това означава, че за достатъчно малък период от време може да се сбъдне само едно събитие. На фиг. 3а и фиг. 3б са показани графите на системи съответно с по три елемента и две състояния и два елемента и три парциални състояния. Състоянията **222** (фиг. 3а) и **33** (фиг. 3б), заштриховани в тъмно, съставляват зоните на тотален отказ за двете системи. По-светло заштрихованите зони включват състоянията на частичен отказ, а не заштрихованите – състоянията на изправна работа.



Фиг. 3. Модел на система с (а) три елемента с по две състояния; (б) два елемента с по три състояния

Задачата се състои в определянето на вероятностите за престой в глобалните състояния (**изправно** \bullet , **защитно** \circ , и **опасно** f , ако надеждността е дефинирана с три състояния), както и преходните интензивности между тях. След определянето на тези величини, цялата система може да се представи отново с граф с три състояния, който от своя страна може да бъде обединяван с граф на други системи.



Фиг. 4. Пример за редуциране на състояния

След като системата е декомпозирана до ниво на елементарни възстановими компоненти, предстои да се построят марковските графи с три състояния от фиг. 2, описващи всеки един компонент.

Един елементарен възстановим компонент изпълнява някаква функция, която е част от тази на цялата система. За това декомпозицията на компонента трябва да продължи до нивото на невъзстановими възли, които изпълняват някакво условие от функцията на компонента. В зависимост от проектантското решение е нужно да се построи паралелно-последователната или мостова функционална схема на компонента. В нея паралелно свързаните звена могат да бъдат конюнктивно сравнявани или да бъдат мажоритирани.

Така получените марковски графи описват всички елементарни възстановими компоненти, а от там и цялата система. По-нататък е възможно стъпково или наведнъж да се получи графът с три състояния, моделиращ системата.

Предложеният алгоритъм за намиране на готовността и безопасността на сложни осигурителни системи може да се обобщи по следния начин:

1. Системата се декомпозира на функционални блокове - хранване, обработващи единици (компютри), схеми за непосредствено управление и контрол и др

2. Всеки от функционалните блокове се декомпозира до ниво елементарни възстановими компоненти - модули, платки.

3. Елементарният възстановим компонент се представя като последователно или паралелно свързани възли, като схемата на свързване се определя от функционалния алгоритъм

4. Построява се марковският граф на елементарния възстановим компонент, като интензивностите на възстановяване от опасно към защитно и от защитно към изправно състояние се определят експертно.

5. Построяване на надеждността схема на функционалните блокове. Първо се обединяват графите на паралелно свързаните компоненти с цел получаването на последователна схема. Елементите от последователната схема се обединяват постепенно до получаването на граф с три състояния

6. Построява се опростения функционален граф на цялата система, от който се получават всички показатели за надеждност и безопасност.

2. Програмен продукт за изчисление на показателите за надеждност

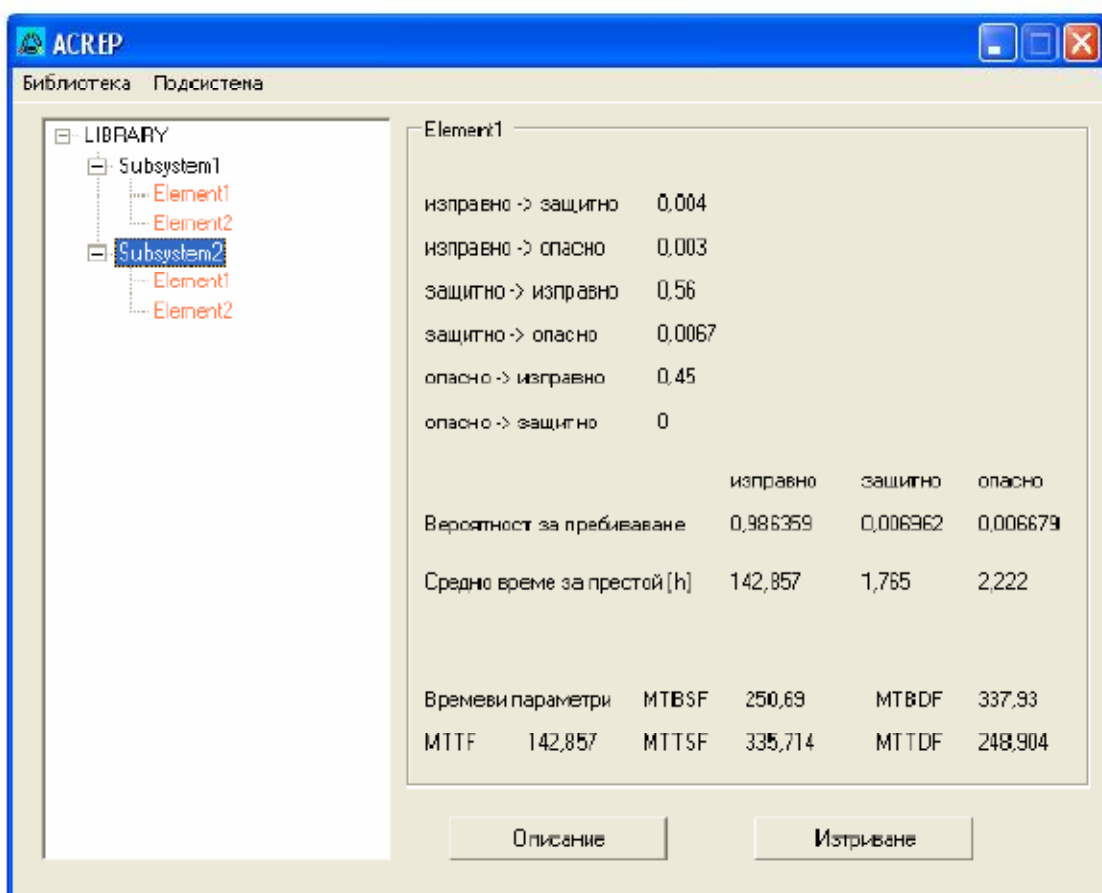
ACREP (Application for Calculation of Reliability Parameters) е програма, която изчислява показателите за надеждност. Тя използва марковски процеси и дава възможност сложните системи да се моделират като множество от подсистеми. Създават се библиотеки, които се съдържат подсистеми и елементи. Всяка библиотека може да се състои от максимално 10 подсистеми, а всяка подсистема от максимално 8 елемента. Програмата е разработена за операционна система Windows и е двуезична. Желаният език (български или немски) се избира при инсталацията. Библиотеките се съхраняват като XML данни.

Основният прозорец на програмата се появява при стартирането ѝ и се състои от менюта, списък и един панел (фиг. 5). Списъкът съдържа обектите от актуалната библиотека, подредени в дървовидна структура. Елементите са червени, а редуцираните подсистеми – сиви. Редуцираните подсистеми не могат да се обработват повече, т.е. не могат да се добавят нови елементи или да се трият съществуващи елементи.

Панелът показва информацията за избрания елемент от списъка (Element1 от фиг. 5). От там могат да се разберат преходните интензивности, вероятностите за престой и други времеви параметри за актуалния елемент. Съкращенията означават:

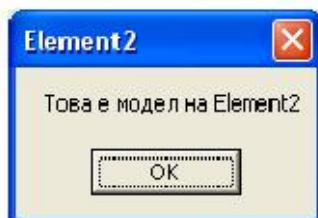
- ✓ MTBSF – (mean time between safe fails) – средно време между защитните състояния;
- ✓ MTBDF – (mean time between dangerous fails) – средно време между опасните състояния,
- ✓ MTTF – (mean time to failure) – средно време до отказ,
- ✓ MTTSF - (mean time to safe failure) – средно време до защитен отказ,
- ✓ MTTDF - (mean time to dangerous failure) – средно време до опасен отказ.

Под панела се намират два бутона: “Описание” и “Изтриване”.



Фиг. 5. Програма ACREP - Основен прозорец

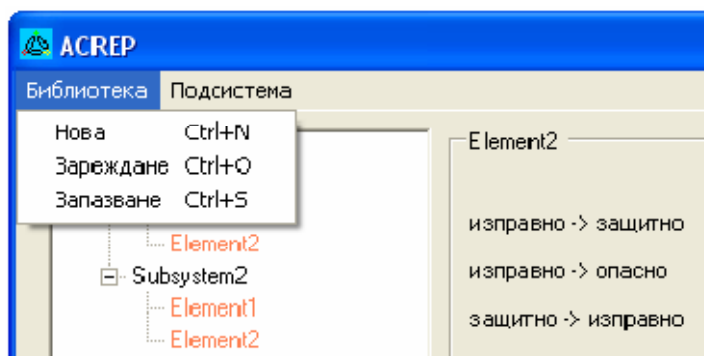
Бутонът “Описание” показва описанието на избрания от потребителя елемент (фиг. 6)



Фиг. 6. Описанието на Елемент 2

Бутонът “Изтриване” изтрива избрания елемент или подсистема. Когато изтриването не е възможно (напр. елементът е от редуцирана подсистема) бутонът не е активен.

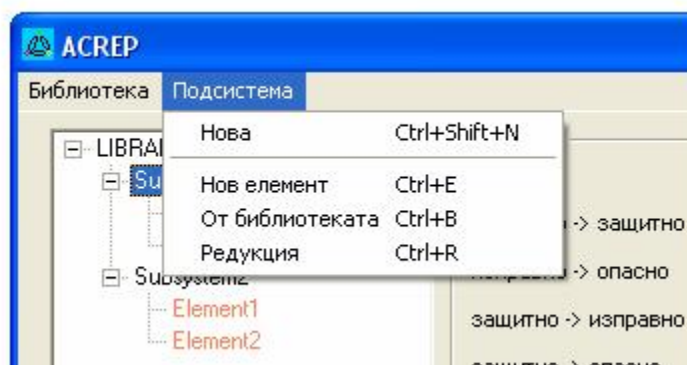
Менюто “Библиотека” (фиг. 7) дава възможността да се създаде нова библиотека, да се зареди съхранена библиотека или да се съхрани актуалната библиотека. Всички библиотеки се съхраняват в поддиректорията **Data** на програмната директория.



Фиг. 7. Меню “Библиотека”

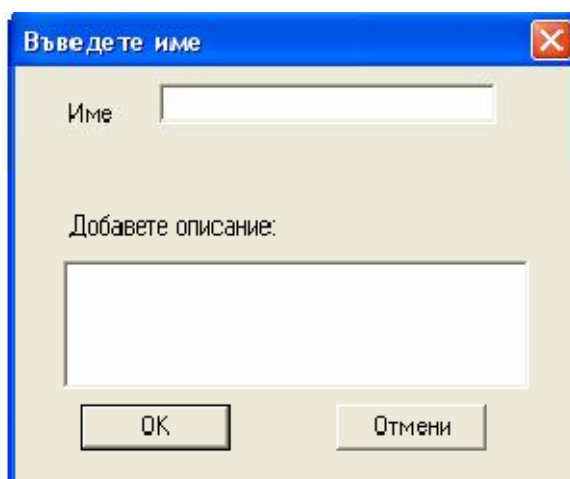
Всички компоненти на менюто имат принадлежащи комбинации от клавиши за бърз избор (фиг. 7 и фиг. 8)

Менюто “**Подсистема**” (фиг. 8) съдържа опции за обработване на една подсистема: създаване на нова подсистема, вмъкване на елементи и редуциране. Когато е избран елемент, за когото определени опции не са възможни (напр. елемент или редуцирана подсистема) те не са активни.



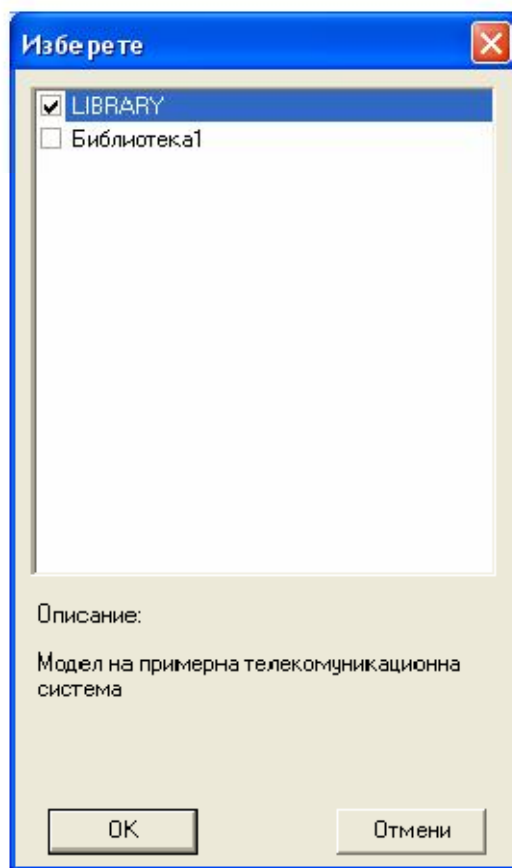
Фиг. 8. Меню “Подсистема”

При стартирането на програмата първо трябва да се създаде или отвори една библиотека. При създаването на нова библиотека трябва да ѝ се даде име и кратко описание (фиг. 9)



Фиг. 9. Създаване на нова библиотека

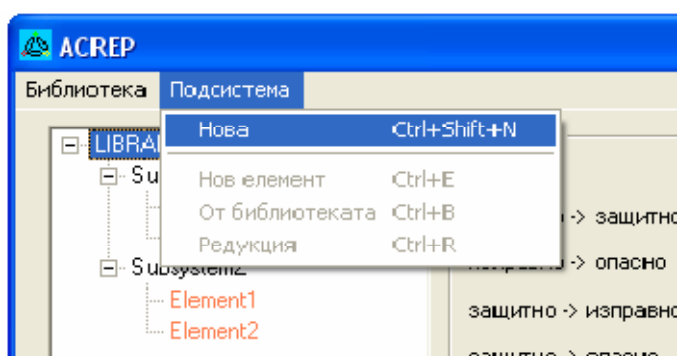
При зареждане на библиотека може да се избира между всички предварително съхранени библиотеки. При това може да се чете описанието, което е въведено при създаването на библиотеката (фиг. 10).



Фиг. 10. Зареждане от библиотека

Може да се обработва само една библиотека. При опит да се създаде или зареди втора библиотека се появява съобщение за избор или страта библиотека да се затвори или действието да се прекрати.

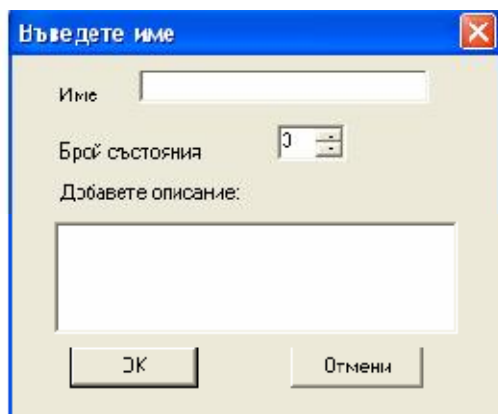
Когато една библиотека е вече отворена, могат да се създават нови подсистеми и да се въвеждат елементи в тези подсистеми. Това става с менюто **“Подсистема”**. Ако от списъка е избрано някое име на библиотека, могат само да се създават нови подсистеми. (фиг. 11)



Фиг. 11. Меню “Подсистема”, когато е избрана библиотека

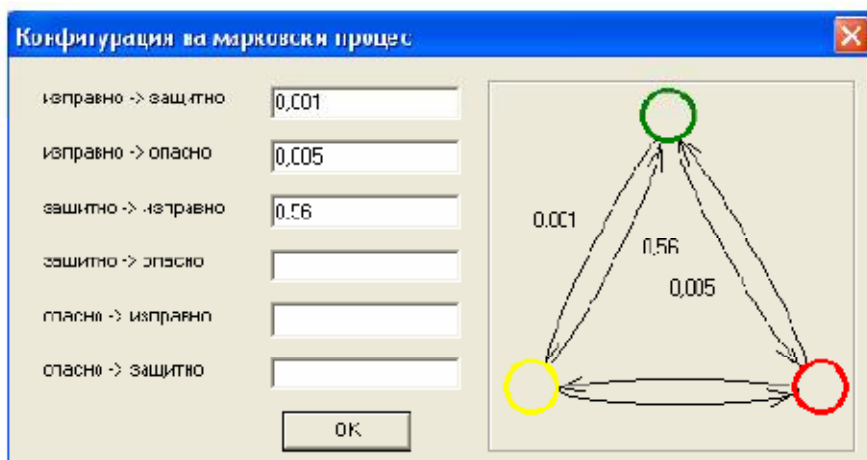
Ако се избере подсистема от списъка, която не е редуцирана, в тази подсистема могат да се вмъкват елементи.

Когато се създава елемент, трябва да се въведе име, описание и брой на състоянията (фиг. 12). Могат да се създават елементи с най-много 10 състояния. При създаването на един елемент се конфигурират и неговите вероятностни параметри.



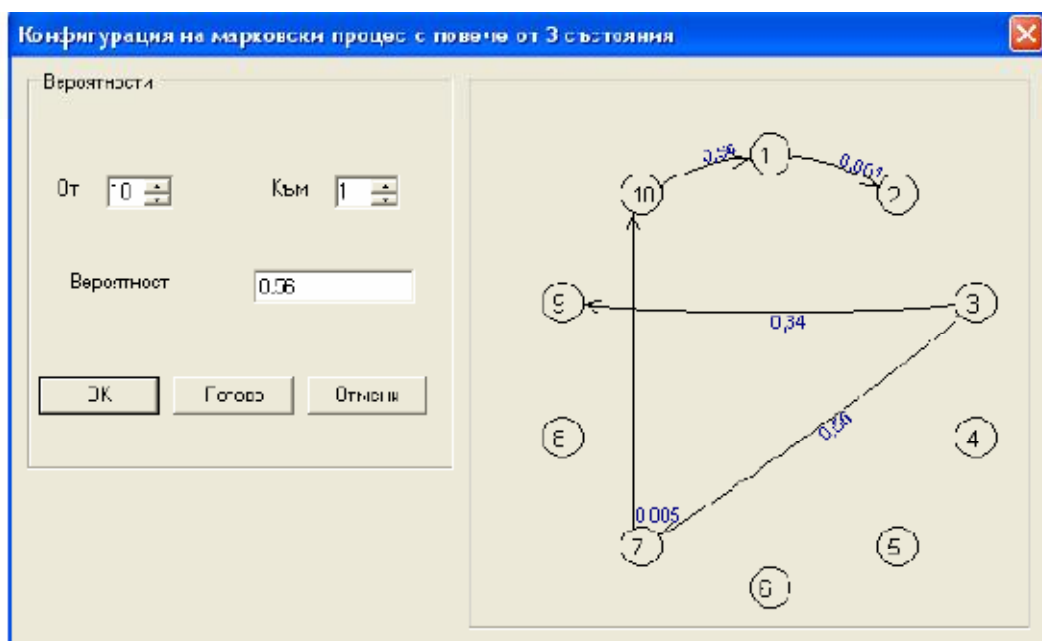
Фиг. 12. Създаване на елемент

При конфигурирането на един марковски процес с 3 състояния излиза прозорецът от фиг. 13.



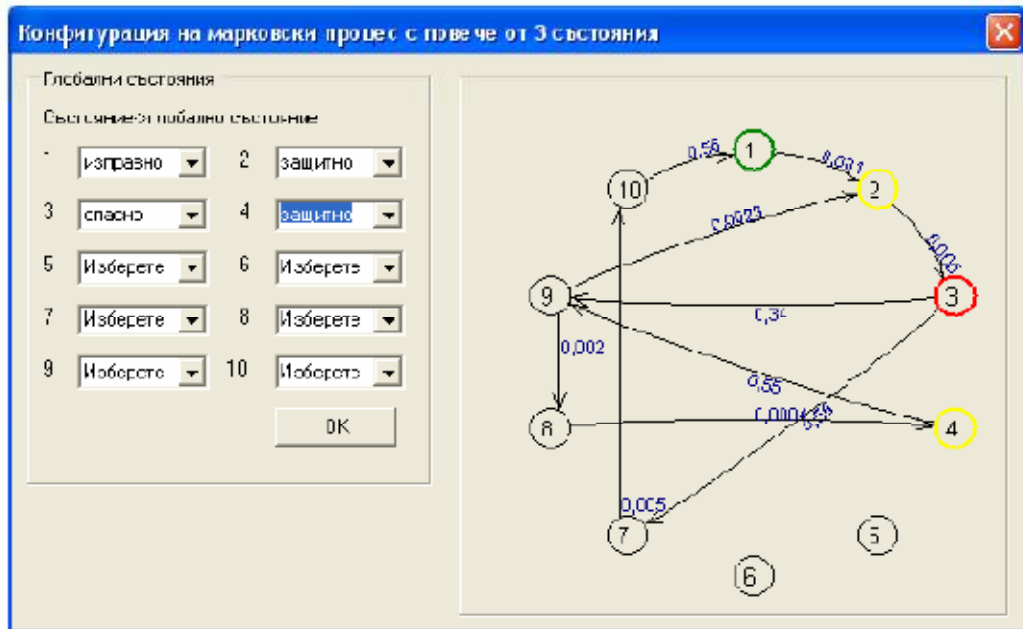
Фиг. 13. Конфигуриране на марковски процес с 3 състояния

Введените стойности се визуализират на графа в дясно. Те трябва да бъдат числа между 0 и 1. Разпознава се и „научен” формат на числата (напр. 7E-5 или 7e-5). След като се въведат всички стойности прозорецът се затваря с “OK” или **Enter**. Конфигурираният елемент излиза в списъка като елемент на подсистемата.



Фиг. 14. Конфигуриране на марковски процес с повече от 3 състояния

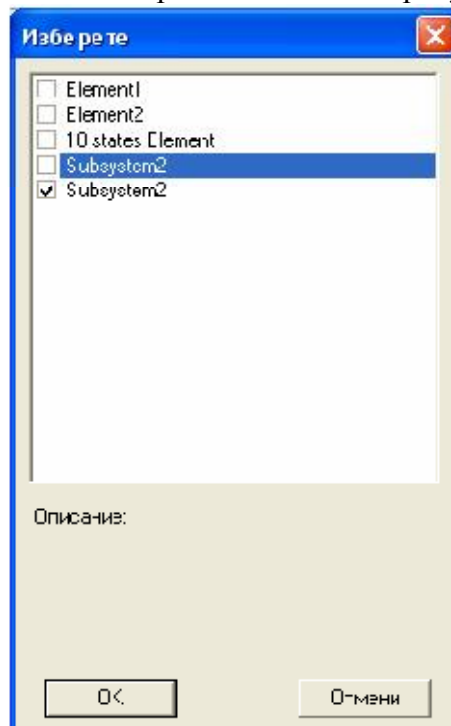
При конфигуриране на марковски процес с повече от 3 състояния се появява друг прозорец (фиг. 14). В левия панел се избират изходното състояние, входното състояние и преходната интензивност между тях. В десния панел се визуализират преходите. Трябва да се зададат всички преходни интензивности, които за различни от нула. Всички незададени стойности се интерпретират като нули. След приключване на въвеждането, трябва да се натисне **“Готово”**. Появява се нов панел, на който парциалните състояния трябва да се причислят към глобалните (изправно, защитно, опасно) – фиг. 15.



Фиг. 15. Конфигуриране на глобалните състояния

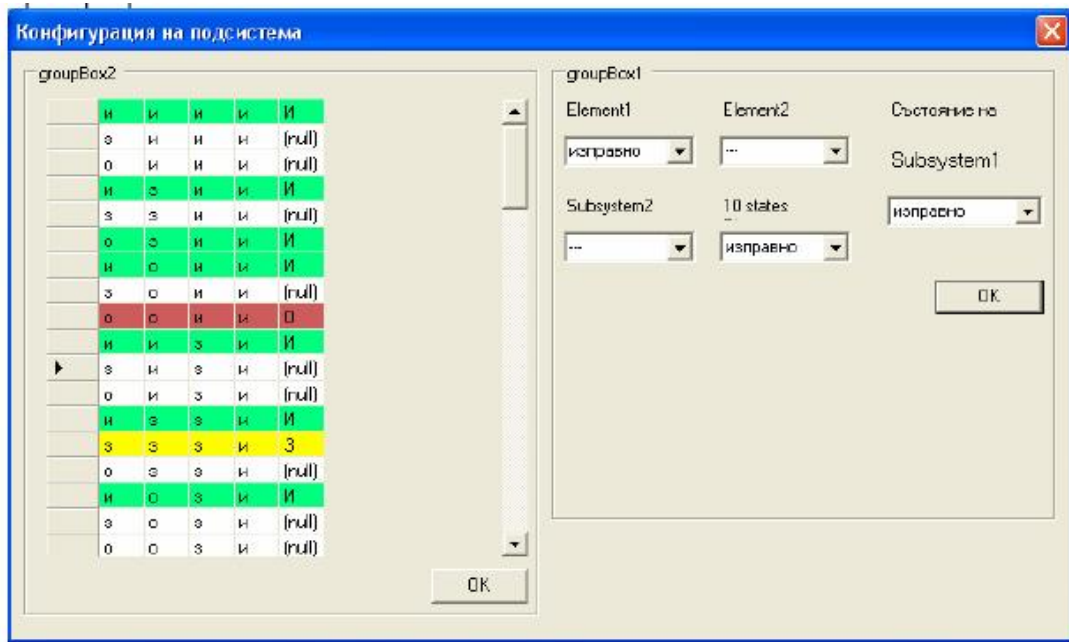
Изборът на глобалните състояния се визуализира, при което кръгчетата се оцветяват в червено, жълт или зелено.

В една подсистема могат да се вмъкват елементи, които са вече налични в библиотеката. При тази операция могат да се избират елементи или редуцирани подсистеми (фиг. 16).



Фиг. 16. Избор на елемент от библиотеката

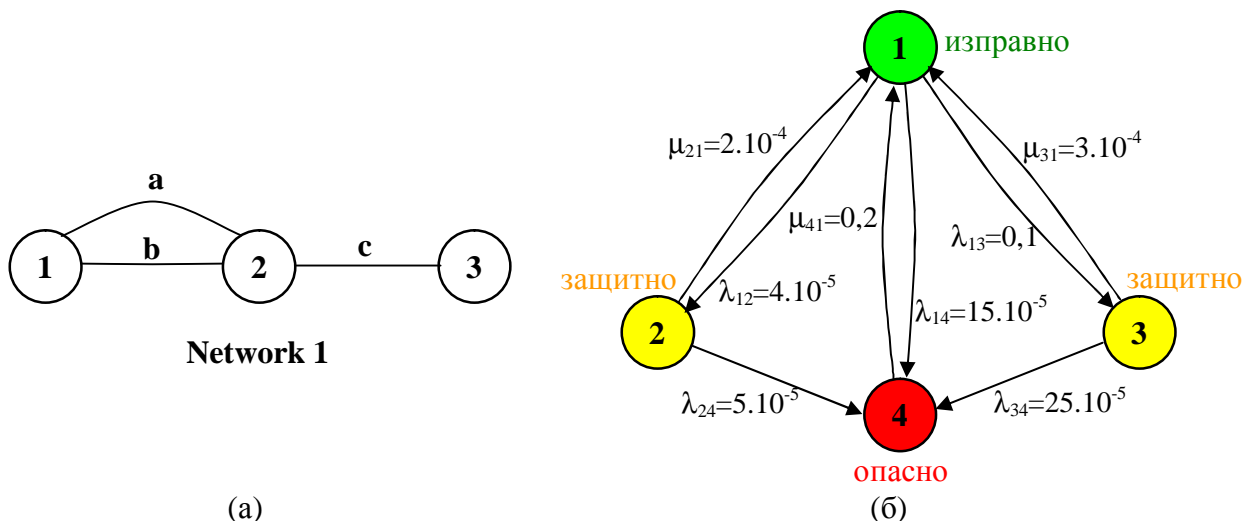
След като се създадат и конфигурират всички елементи, системата се редуцира. При избора на опцията “Редуциране” от менюто на “Подсистема” излиза прозореца от фиг. 17.



Фиг. 17. Редуциране на подсистема

В десния панел се избира определена комбинация на елементите и се причислява към глобално състояние. За състояние на елемент може да се избере „изправно”; „защитно”; „опасно” или „----”. Ако за първия и третия елемент се избере „изправно”, за останалите се избере „----”, а за глобално състояние на подсистемата се избере „изправно” то всички комбинации в левия панел, в които първия и третия елемент са “изправни”, без оглед на останалите се маркират в зелено (изправно) и с главната буква „И”. След приключване на причисляването на всички парциални състояния към съответните глобални се натиска бутона “OK” в левия панел. Тогава в дървото на библиотеката подсистемата става неактивна. При нейното селектиране в съответния десен панел се появяват всички вероятностни характеристики.

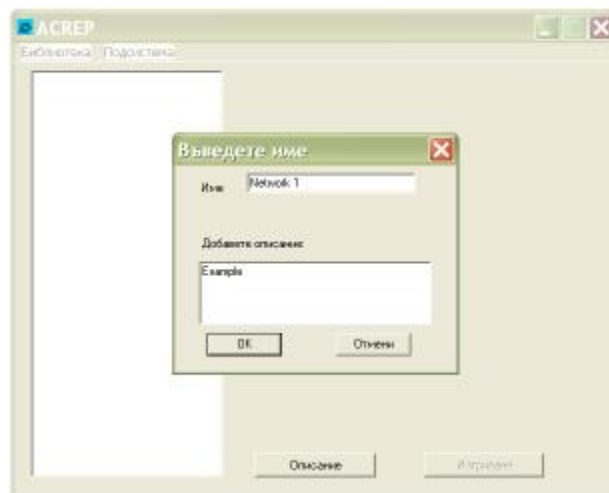
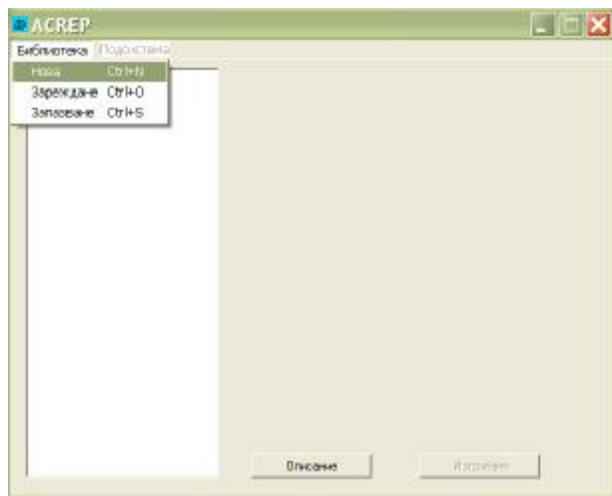
Ще демонстрираме работата на програма ACREP чрез един конкретен пример. Нека определим надеждността на връзката между възел 1 и възел 3 за малката мрежа дадена на фиг.18a (Network 1). И трите елемента (линии) на мрежата имат по 4 вероятностни състояния с едни и същи стойности на интензивностите за преход между тях, дадени на фигурата вдясно:



Фиг. 18. Граф на (а) телекомуникационна мрежа; (б) надеждността на един елемент с четири

СЪСТОЯНИЯ

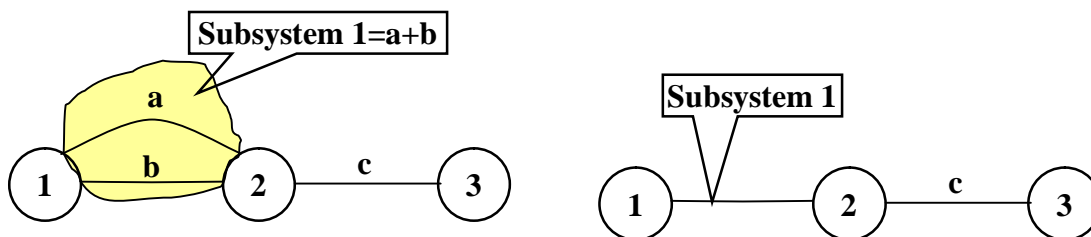
Избираме “Библиотека” ⚙ “Нова”, за да дадем име на мрежата. Отваря се прозорец “Въведете име”, в който въвеждаме името на мрежата **Network 1** и добавяме описание “Example”.



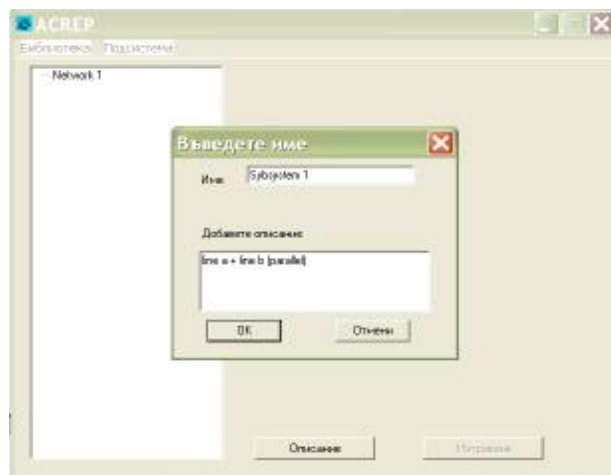
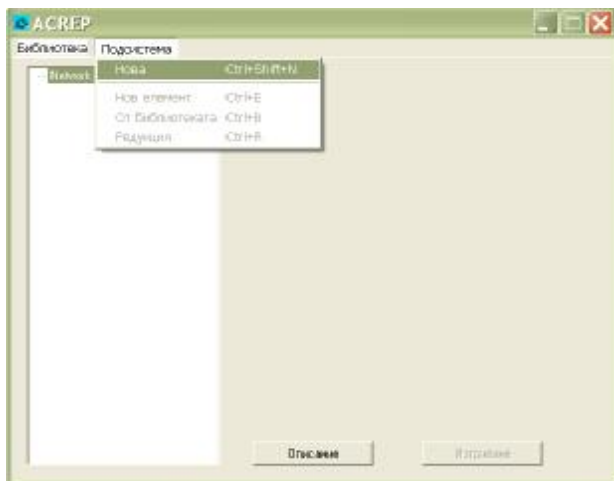
След “OK” името се изписва в полето в ляво, а бутонът “Описание” извежда допълнително прозорче с информация за същността на **Network 1**. То се скрива след избор на неговия бутон “OK”.



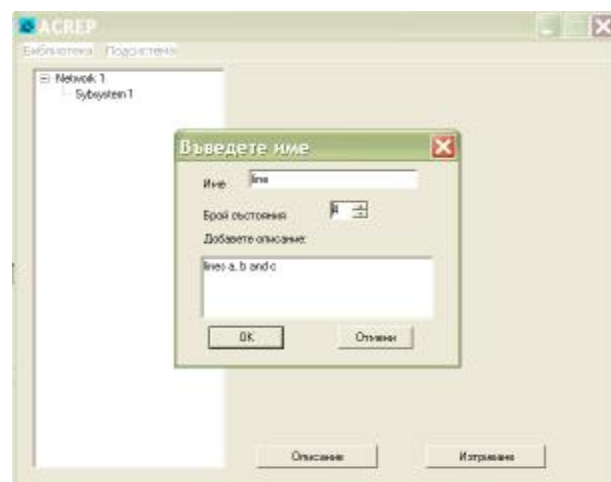
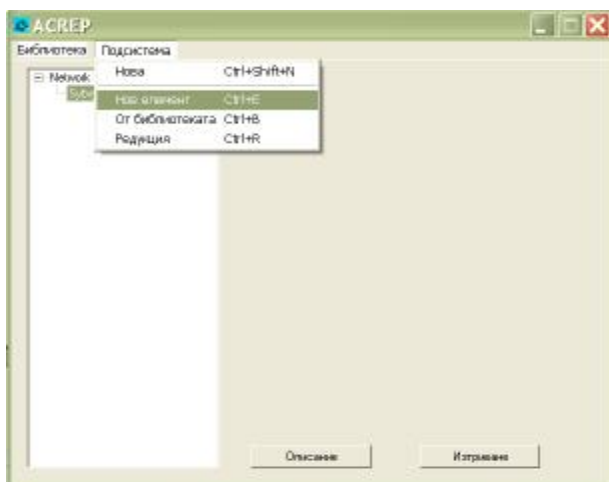
За да определим надеждността на връзката между възел 1 и възел 3, трябва да редуцираме системата от гледна точка на надеждността до едно ребро между тези два възела. Започваме с въвеждането на подсистема **Subsystem 1**, изградена от паралелно свързаните линии **a** и **b**.



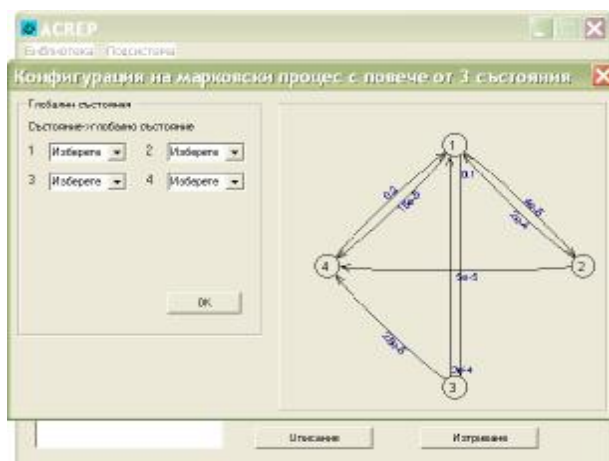
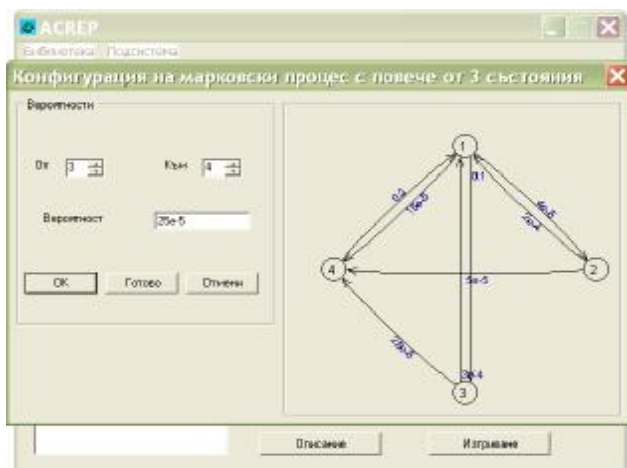
Избираме “Подсистема” ⚙ “Нова”. Въвеждаме името на подсистемата “**Subsystem 1**” и добавяме описание “line **a** + line **b** (parallel)”



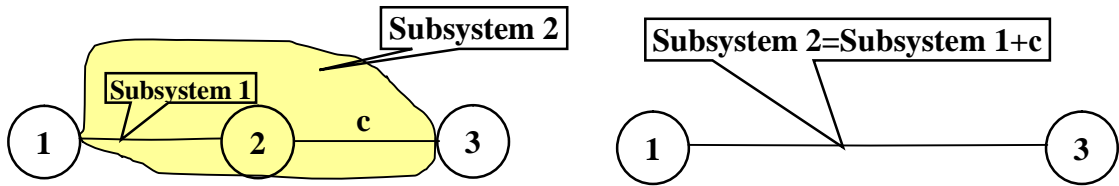
Следва да въведем интензивностите на отказ и възстановяване на двата елемента (линия **a** и линия **b**) на **Subsystem 1**. Тъй като те са с еднакви стойности, можем да ги въведем и запишем в Библиотеката под общото име **“line”** и да го ползваме за всяка от трите линии.



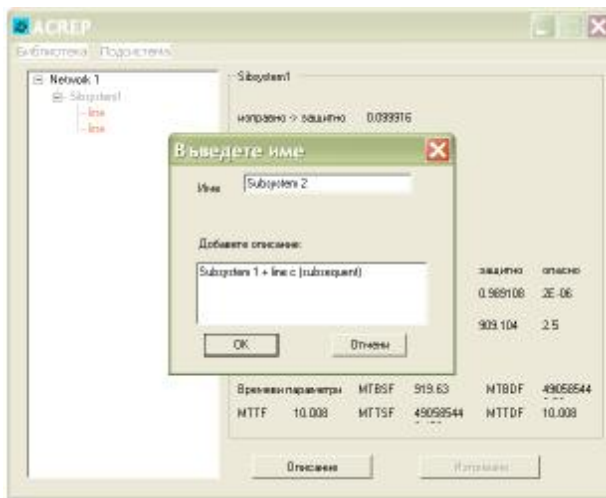
След **“ОК”** автоматично се извежда прозорецът **“Конфигурация на марковски процес”**, в който се въвеждат стойностите на интензивностите. Изборът на възли и въвеждането на стойностите на интензивностите се прави в лявата част на прозореца, а се визуализира в дясната след натискане на бутона **“ОК”**. Липсващи интензивности, като например от възел 4 към възел 2, не се въвеждат и програмата ги приема за нулеви. След приключване на въвеждането се избира бутона **“Готово”**. Появява се екрана в дясно, на който трябва да се избера глобалните състояния (изправно, защитно или опасно).



Последната стъпка е редукция на последователно свързаните “Subsystem 1” и “line” (линия c) обединени последователно в “Subsystem 2”

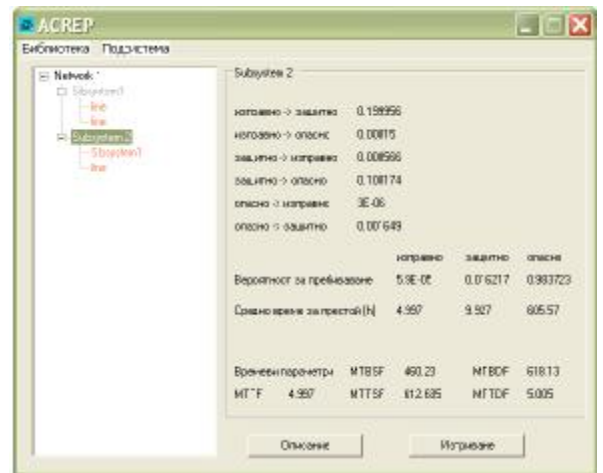


Избираме “Подсистема” ⚙ “Нова”. Въвеждаме името на подсистемата “Subsystem 2” и добавяме описание “Subsystem 1 + line c (subsequent)”. След това добавяме като нейни елементи от библиотеката “Subsystem 1” и “line”, чрез меню “Подсистема” ⚙ “От библиотеката”.



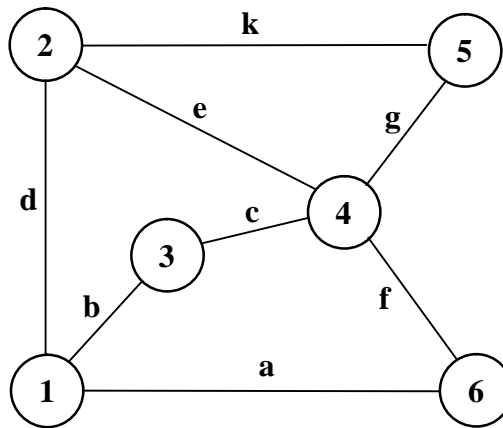
Следва редукция на “Subsystem 2” изградена от двете последователно свързани елемента “Subsystem 1” и “line” (линия c). След “OK” в лявата част на прозореца се извеждат изчислените резултати за надеждността на Subsystem 2, което всъщност е крайния резултат.





3. Задача за изпълнение

Намерете с помощта на програма АСРЕР надеждността на връзката между възел 1 и възел 6 от телекомуникационната мрежа, описана с графа от фиг. 19. В надеждностен смисъл всяко едно ребро на графа (линия на мрежата) се описва с три състояния – **•** **изправно**, **■** **защитно** (линията е с влошени параметри като затихване, скорост и др.) и **■** **опасно** (тотален отказ на линията). Числените стойности на интензивностите на отказ λ_{ij} и на възстановяване μ_{ij} на трите състояния за различните линии са дадени в табл. 1.



Фиг. 19. Граф на телекомуникационна мрежа

Табл.1

		линия							
		a	b	g	d	e	f	c	k
интензивности на отказите	λ_{12}	$1 \cdot 10^{-4}$			$5 \cdot 10^{-5}$				
	λ_{13}	$2 \cdot 10^{-4}$			$1,5 \cdot 10^{-4}$				
	λ_{23}	0,01			$1 \cdot 10^{-3}$				
интензивности на възстановяване	μ_{21}	0,1			$2 \cdot 10^{-4}$				
	μ_{31}	0,01			0,1				
	μ_{32}	$1 \cdot 10^{-3}$			$1 \cdot 10^{-3}$				

Определете надеждността на връзката между възел 1 и възел 6 за мрежата от фиг.19, ако се добави още една линия **h** между възел 6 и възел 5.