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 • и състояние на отказ , . 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 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 •, защитно, 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. За и фиг. Зб са показани графите на системи съответно с по три елемента и две състояния и два елемента и три парциални състояния. Състоянията 222 (фиг. За) и 33 (фиг. Зб), защриховани в тъмно, съставляват зоните на тотален отказ за двете системи. По-светло защрихованите зони включват състоянията на частичен отказ, а не защрихованите – 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 •, защитно, 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 паралелнопоследователната 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 - захранване, 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 надеждностната 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 сойто 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 паявява при стартирането й 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,
- \vee 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".

ACREP			
Библиотека Подсистема			
- LIBRARY - Subsystem1 - Element1 - Element2 - Element1 - Element1 - Element1 - Element2 - Element1 - Element2	Element1 изправно -> защитно 0,004 изправно -> спасно 0,003 защитно -> изправно 0,56 защитно -> опасно 0,008 опасно -> изправно 0,45	4 3 67	
	опасно -> защитно 🛛 0		
	Вероятност за пребиваване	изправно защигно 0,986359 0,006962	опасно 0,006679
	Средно време за престой [h]	142,857 1,765	2,222
	Времеви параметри — MTBSI MTTF — 142,857 — MTTSI	F 250,69 MTBDF F 335,714 MTTDF	337,93 248,904
	Описание	Изтривана	

Фиг. 5. Програма ACREP - Основен прозорец

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

×	ment2	E
nt2	ова е модел на Elen	
	ОК	
	OK	

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.

🔊 ACREP		
Библиотека	Подсистема	
Нова Зареждана Запазване	Ctrl+N Ctrl+O Ctrl+S	E lement2
	Element2 osystem2 Element1 Element2	изправно -> защитно изправно -> опасно защитно -> изправно

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.

ACREP				
Библиотека	Подсистема			
	Нова	Ctrl+Sł	nift+N	-
⊡-Su	Нов елемент От библиотеката	Ctrl+E Ctrl+B		•> защитно
⊟-Su	Редукция	Ctrl+R		·> опасно
	Element1 Element2		защитно	-> изправно

Фиг. 8. Меню "Подсистема"

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

Въведете	име		×
Име			
Добаве	те описание:		_
	ОК	Отмени	

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).

Изберете 🛛 🛛	
■ LIBRARY Библиотека1	
Описание:	
Модел на примерна телекомуникационна система	
ОК Отмени	

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.

E
p 🗄
Отмени

Фиг. 12. Създаване на елемент

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

онфитурация на мај	ковски процес	
коправно -> защитно	0,001	\bigcirc
изправно -> опасно	0,005	
зашитно -> изправно	0.56	0.001
зашитно -> опасно		0.005
опасна -> изправно		
опасно -> защитно		│ ॑ ∉──── ↓
	ОК	

Фиг. 13. Конфигуриране на марковски процес с 3 състояния

Въведените стойности се визуализират на графа в дясно. Те трябва да бъдат числа между 0 и 1. Разпознава се и "научен" формат на числата (напр. 7Е-5 или 7е-5). След като се въведат всички стойности прозорецът се затваря с "**ОК**" или **Enter**. Конфигурираният елемент излиза в списъка като елемент на подсистемата.

Конфигурация на марковски процес с пов	ече от З съзтаяния 🛛 🔀
Вероятности	
От 🗀 Към 1 🚊	(11) - 2000 (11) - 2000 (2)
Веролтност 0.56	
ЭК Готово Отмени	E 0,34 (4)
	7 5 6

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 "**Тотово**". Появява се нов панел, на който парциалните състояния трябва да се причислят към глобалните (изправно, защитно, опасно) – фиг. 15.

Конфитурация на марковски процес с пов	ече от 3 състояния 🛛 🔀
Глобални състояния Състояние:>> побално състояние	_
 изправно • 2 защитно • 3 спасно • 4 рашитно • 5 Изберете • 6 Изберете • 	
7 Изберете ▼ 8 Изберетэ ▼ 9 Изберсте ▼ 10 Изберетэ ▼ DK	0,002 0,
	() () () () () () () () () () () () () (

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).

Избе рете	
 ElementI Element2 10 states Element Subsystem2 ✓ Subsystem2 	
Описание:	
0<	Отмени

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 интезивностите 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" **О** "Нова", за да дадем име на мрежата. Отваря се прозорец "Въведете име", в който въвеждаме името на мрежата **Network 1** и добавяме описание "Example".

ACREP				
Библиотека Подокстана Нака Сонна Зареждане С/тНО Запасеане С/тН5		Exchance	a Dapartusa	
			В впо-доте нико Нико Петной 1 Добавите отволение	3
			Example DK Otverse	
	Onecome It states en		Описание	National Contraction

След "ОК" 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 "ОК".

SYSTEM 19	SYSTEM 19	
	The network from fig.19	

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 свъраните линии **a** и **b**.



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

МОДЕЛИРАНЕ НА ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИ ПРОЦЕСИ И СИСТЕМИ (МТКПС)- магистри

ACREP			- 1		ACREP		
Библьютека	Подочстема			E	Grunneka Thataktre	eva ()	
- Hebesh	Hosa	Ctri+Shift+N			- Network 1		
	Нов елемент От библиотеката	Ori+E Ciri+B					
1	Рядукция	Carina				Въледете име 🛛 🔀	
						New Syblecters 1	
						Добавите отножние	
						firs a + fraib (paralet)	
						1	
		Описание	N 3177 all see			Onicarea	

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.

ACREP			_ 🗆 🔀	ACREP		×
Библиотека	Подристема			Experiment	Togoliment	
E Network	Hosa	Cirl+Shift+N		E Network 1		
5.0	Hop entranit	Ctile		Sybeye	Aen 1	
	От библьютеката	Ctri+B				
	Редукция	CITIHR			Въведете име	×
					Heat line	
					ine i	
					Брай състояния	
					Добазете описание:	
					lines a. b and c	
						and the second se
22					OK.	Отъчни
						- 1
		Описанов	Изтрановно		Orsected	Изтракана

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



След направения избор, те получават съответното оцветяване, а "ОК" затвярь панела "Конфигурация на марковски процес с повече от три състояния". Елементът "**line**" е въведен и вероятностните му параметри са изчислени.

A CREP		ACREP	-	- (- 🛛
Exemption Reporters	Ear	блиотека Подсистема		
Конфилурацияна марковски процес с повече о Глабенсалтовая Сътовано табано сътован 1 разравно т 2 разлио т 3 разлико т 4 разда т ОК	т 3 състояния 🔀	■ Metwork 1	о защитно 0.993294 1818655 7 м/ТВОР 7. м/ТВОР 7. м/ТВОР 1. м/ТВОР	отвоно 0.001245 5 22230140. 10.003

Записваме елемента "line" в библиотеката с "Библиотека" **б**"Запазване". Стъпваме върху "Subsystem 1" и от билиотеката добавяме още един елемент "line" от меня "Подсистема" **б**"От библиотеката". Така линиите **a** и **b** са въведени и следва редукция на "Subsystem 1" от меню "Подсистема" **б**"Редукция".

ACREP			ACREP	
Foformer, Physician	Изберете	×	Конфитурация на подсистема	×
i≕ Ketvok1 i≕ Gaudes1	Oneque:	en ossame orbern 0.993254 0.801345 1818.655 5 37 MTRDE 2727180 31 MTTDE 10.003	grupe 3 на	goupites Ine Ine Ductoreau re Molepera • Stosystem1 Molepera • OC

Редукцията на "Subsystem 1" е за два паралелно свързани в надеждностен смисъл елементи. Ето как се редуцират паралелните "line" (линия а)и "line" (линия b). След "ОК"в лявата чяст на панела долу, се изчисляват резултатите на "Subsystem 1".

АСКЕР Конфигурация на подсистема		A CREP Библиотека Подокстена		_ IC ×
grue0x2 H H H H A H H	DK	Refrank 1 B Concentration - Strate - Strate	Shayawa1 Hittpoterio > социятю 0.0066816 натравно > сларано 0.0066816 натравно > сларано 0.001828 осилите і отното 16.06 огасно > натравно 0.4 огасно > сациятю 0.4 огасно > сациятю 0. натравно Версовтногт патробиванном п.ППБВ Средно време за грестой № 10006 Времены герценатры МГЗБР 519.63 МТТЕР 10.008 ПЛТЕР 48038044	зацитно апасно поветпа та-та; 308104 25 MT3DF 43028544 MTTDF 0.089

Последната стъпка е редукция на последователно свързаните "Subsystem 1" и "line" (линия с) обединени последователно в "Subsystem 2"



Избираме "Подсистема" **ठ** "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" **ठ** "От библиотеката".

ACREP			ACREP	-	
Библиотека Подонстви			Библютека Подонствик	Изберете 🛛 🔀	3
S Network 1 Shapphard	- Siboyatem1 направно > зациятно 0.0339316		S Network 1 S Shippheril	ine ≠ Stratest	
	Въведете име 🛛 🔀		Subsystem 2		
	Mines Subsystem 2				
	Добщите спосанов:				
	Subsystem 1 + line c (subsequent)	Salajitho onacho			HO SALAHO OTACHO
	10	0.969106 .22-06			B U 969106 25-06
	ОК. Отчетни	313.104 2.5		Описания	30.104 2.5
	Времеви параметри MTBSF 919.63	NT8DF 49058544			3 NTBDF 49058544
	MTTF 10.008 MTTSF 49058544	MTTDF 10.008			3544 NTTDF 10.008
	Ольсания	Transfer		ОК. Отнени	Изтранане

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

under Abstration auchtagiste and		
Cuceosi M M M d H M d H D d D	grouecel Stauleni ine oneono 💽 (macho 💌	Сълтовние но Bubaystem 2 описно 0К
CK		

лабораторно упражнение № 5 - МОДЕЛИРАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА СЛОЖНИ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИ СИСТЕМИ

E Netvok '	Subsystem 2			
Di Sborteni		*04000		
-fem	ADTORNO -> SALAFTAD 0.	120320		
R-Subsystem 2	Heroaeno -> onaceic U.	LUNIO		
- ing	задитно -) изправно – О.	DOIESSE		
	заципно-> опасно 0.	100174		
	сласно о направне 3	E-06		
	0 онасно с сашитно	00'649		
		юправно	зацитно	OTHICHE
	Bepornoor or rpetivoasor	e 5.9E-00	0.0'6217	0.99372
	Средно время за престой (H 4.997	9.927	605.57
	Вреневні перенетри М П	815F 4 60.23	NTBOF	61813
	MT"F 4.997 MT	T5F #12.685	NETDE	5005

3. Задача за изпълнение

Намерете с помощта на програма ACREP 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 **f** 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

									Габл.1
					ЛИН	ния			
		а	b	g	d	e	f	с	k
интензивности на	λ ₁₂	1.10-4				5.10			
	λ ₁₃	2.10 ⁻⁴				$1,5.10^{-4}$			
отказите	λ_23	0,01				1.10 ⁻³			
интензивности	μ_{21}	0,1			2.10 ⁻⁴				
на	μ_{31}	0,01				0,1			
възстановяване	μ_{32}		1.1	0^{-3}		1.10-3			

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.