

Погодност за одржавање,  
Расположивост, Марковљеви ланци

# Погодност за одржавање

- Одржавање обухвата све радње (осим рутинског сервисирања у току рада као што је замена горива или сличне мање активности) чији је циљ да се систем задржи у оперативном стању или врати у оперативно стање ако је отказао.
- Превентивно одржавање
- Корективно одржавање

# Погодност за одржавање

- Погодност за одржавање (*Maintainability*) је вероватноћа да ће компонента која је отказала бити поправљена и враћена у задовољавајуће радно стање у датом временском периоду када се поступак оправке обавља по прописаној процедури.
- Мере погодности за одржавање:
  - средње време оправке,
  - средње време корективног одржавања,
  - максимално време корективног одржавања,
  - средње време превентивног одржавања,
  - вероватноћа завршетка оправке у датом временском интервалу.

# Погодност за одржавање

- Време отказа (Mean Down Time – MDT) - укупни период у коме је систем у стању отказа. Укључује, поред саме оправке система, сва административна кашњења, транспорт до радионице или од радионице до система, логистичка чекања услед недостатка слободних радника или недостатка резервних делова итд
- Средње време оправке (Mean Time To Repair - MTTR) – укључује: време приступа неисправној компоненти, време дијагностификовања квара, време обезбеђивања резервног дела, време замене компоненте, време провере исправности система, време усаглашавања рада система, логистичко време (уколико је систем ношен до радионице на поправку) итд

# Погодност за одржавање

- MTTR – најчешћа мера погодности за одржавање.
- Погодност за одржавање система се може исказати и интензитетом оправке, чија је јединица мере:

$\mu$  број оправки у временској јединици.

- Када време оправке подлеже експоненцијалној расподели:

$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}}$$

# Пример 1

У периоду од 25. октобра 2011. до 24. октобра 2012. године, праћен је рад трафостанице. Утврђено је да је у том периоду 6 пута дошло до квара:

Утврђен квар	Отклоњен квар
27. новембра у 11 часова	27. новембра у 20 часова
12. јануара у 03 часа	14. јануара у 14 часова
2. марта у 21 час	3. марта у 05 часова
17. маја у 14 часова	17. маја у 18 часова
28. јула у 09 часова	3. августа у 05 часова
01. септембра у 24 часа	3. септембра у 01 час

Одредити укупно време отказа (*down-time*), MTTR и интензитет оправке трафостанице.

Утврђен квар	Отклоњен квар
27. новембра у 11 часова	27. новембра у 20 часова
12. јануара у 03 часа	14. јануара у 14 часова
2. марта у 21 час	3. марта у 05 часова
17. маја у 14 часова	17. маја у 18 часова
28. јула у 09 часова	3. августа у 05 часова
01. септембра у 24 часа	3. септембра у 01 час

од 25.10. 00 h до 27.11. 11h	од 27.11. 11h до 27.11. 20h	од 27.11. 20h до 12.01. 03h	од 12.01. 03h до 14.01. 14h	од 14.01. 14h до 02.03. 21h	од 02.03. 21h до 03.03. 05h	од 03.03. 05h до 17.05. 14h	од 17.05. 14h до 17.05. 18h	од 17.05. 18h до 28.07. 09h	од 28.07. 09h до 03.08. 05h	од 03.08. 05h до 01.09. 24h	од 01.09. 24h до 03.09. 01h	од 03.09. 01h до 24.10. 24h
803	9	1087	59	1135	8	1809	4	1719	140	715	25	1247

*Up-time* = 8515, *Down-time* = 245

MTBF= Време рада/број отказа= 8515 /6=1419,167 сати

$$\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}} = 0,0007 \frac{\text{отказа}}{\text{сат}}$$

MTTR= Време нерада/број отказа=245/6=40,833 сати

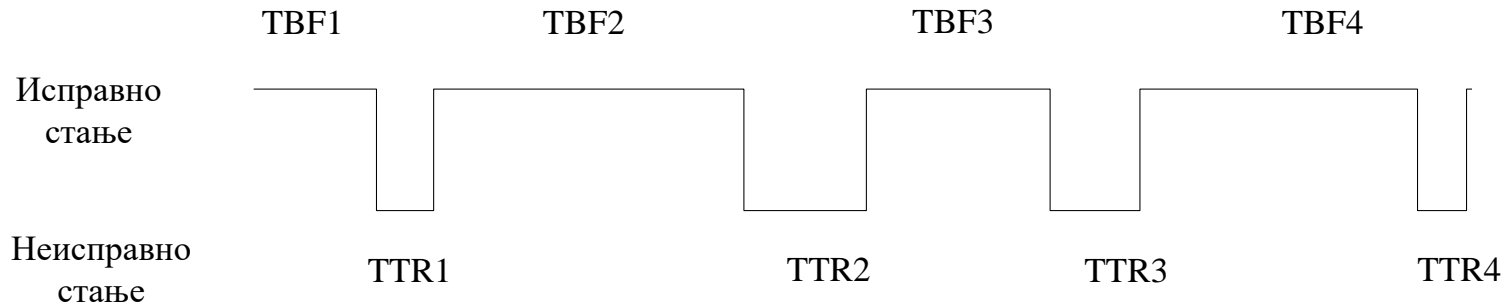
$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}} = 0,0245 \frac{\text{отказа}}{\text{сат}}$$

# Расположивост система

- Распоживост (*Availability*) - вероватноћа да ће систем функционисати у било ком тренутку када ради под задатим условима, при чему укупно време које се посматра обухвата време рада, време активне оправке и административно време.
- Инхерентна расположивост - приликом одређивања времена неисправности система не узима у обзир обезбеђивање услова за спровођење оправке већ само MTTR.
- Оперативна расположивост - када се као исправно стање система посматра само оперативно стање а као неисправно стање све што спада у MDT.



# Расположивост система



$$A = \frac{\text{укупно време у исправном стању}}{\text{укупно време у исправном стању} + \text{укупно време у неисправном стању}}$$

$$A = \frac{\text{up-time}}{\text{up-time} + \text{down-time}}$$

Утврђен квар	Отклоњен квар
27. новембра у 11 часова	27. новембра у 20 часова
12. јануара у 03 часа	14. јануара у 14 часова
2. марта у 21 час	3. марта у 05 часова
17. маја у 14 часова	17. маја у 18 часова
28. јула у 09 часова	3. августа у 05 часова
01. септембра у 24 часа	3. септембра у 01 час

од 25.10. 00 h до 27.11. 11h	од 27.11. 11h до 27.11. 20h	од 27.11. 20h до 12.01. 03h	од 12.01. 03h до 14.01. 14h	од 14.01. 14h до 02.03. 21h	од 02.03. 21h до 03.03. 05h	од 03.03. 05h до 17.05. 14h	од 17.05. 14h до 17.05. 18h	од 17.05. 18h до 28.07. 09h	од 28.07. 09h до 03.08. 05h	од 03.08. 05h до 01.09. 24h	од 01.09. 24h до 03.09. 01h	од 03.09. 01h до 24.10. 24h
803	9	1087	59	1135	8	1809	4	1719	140	715	25	1247

*Up-time = 8515*

*Down-time = 245*

$$A = \frac{8515}{8515 + 245} = 0,972$$

# Расположивост система

$$A = \frac{\text{up-time}}{\text{up-time} + \text{down-time}}$$

$$A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

У случају када постоје само два стања система, исправан и неисправан, а време између два отказа и време отклањања неисправности су случајне величине које подлежу експоненцијалној расподели са параметрима MTBF и MTTR, расположивост система је:

$$A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

од 25.10. 00 h до 27.11. 11h	од 27.11. 11h до 27.11. 20h	од 27.11. 20h до 12.01. 03h	од 12.01. 03h до 14.01. 14h	од 14.01. 14h до 02.03. 21h	од 02.03. 21h до 03.03. 05h	од 03.03. 05h до 17.05. 14h	од 17.05. 14h до 17.05. 18h	од 17.05. 18h до 28.07. 09h	од 28.07. 09h до 03.08. 05h	од 03.08. 05h до 01.09. 24h	од 01.09. 24h до 03.09. 01h	од 03.09. 01h до 24.10. 24h
803	9	1087	59	1135	8	1809	4	1719	140	715	25	1247

*Up-time* = 8515,

MTBF = Време рада/број отказа=8515/6=1419,167 сати  $\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}} = 0,0007 \frac{\text{отказа}}{\text{сат}}$

*Down-time* = 245,

MTTR= Време нерада/број отказа=245/6=40,833 сати  $\mu = \frac{1}{\text{MTTR}} = 0,0245 \frac{\text{отказа}}{\text{сат}}$

$$A = \frac{8515}{8515 + 245} = 0,972 \quad A = \frac{1419,167}{1419,167 + 40,833} = 0,972 \quad A = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = 0,972$$

# Нерасположивост система

$$UA = 1 - A = \frac{\text{down-time}}{\text{up-time} + \text{down-time}} = \frac{\text{MTTR}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$$



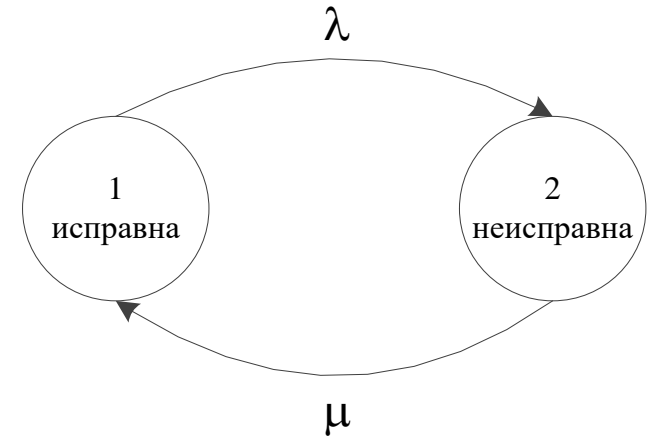
# Марковљеви ланци

Познато:

- $\lambda = 4$  отказа на сат - интензитет отказа
- $\mu = 12$  отказа на сат- интензитет оправке

Одредити:

- $P_1$  – вероватноћа да је систем у стању 1
- $P_2$  – вероватноћа да је систем у стању 2
- $P_1 + P_2 = 1$



Једначине равнотеже:

$$\text{Стање 1: } \mu \cdot P_2 = \lambda \cdot P_1$$

$$\text{Стање 2: } \lambda \cdot P_1 = \mu \cdot P_2$$

$$\begin{aligned} \text{Систем једначина: } & 4 \cdot P_1 - 12 \cdot P_2 = 0 \\ & P_1 + P_2 = 1 \end{aligned}$$

Расположивост  
компоненте је 0,75.

$$\Rightarrow P_1 = 0,75, P_2 = 0,25$$

# Марковљеви ланци

- $\lambda = 4$  отказа на сат - интензитет отказа
- $\mu = 12$  отказа на сат- интензитет оправке

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{4} \quad MTTR = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{12} \quad A = \frac{1/4}{1/4 + 1/12} = 0,75$$

На основу добијене расположивости могуће је одредити *down time* компоненте.

Нерасположивост  $1-A$  је 0,25.

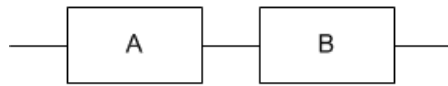
$DT = 0,25 \cdot 24$  сата = 6 сати дневно,

$DT = 0,25 \cdot 30 \cdot 24$  сата = 180 сати, тј. 7,5 дана месечно итд.



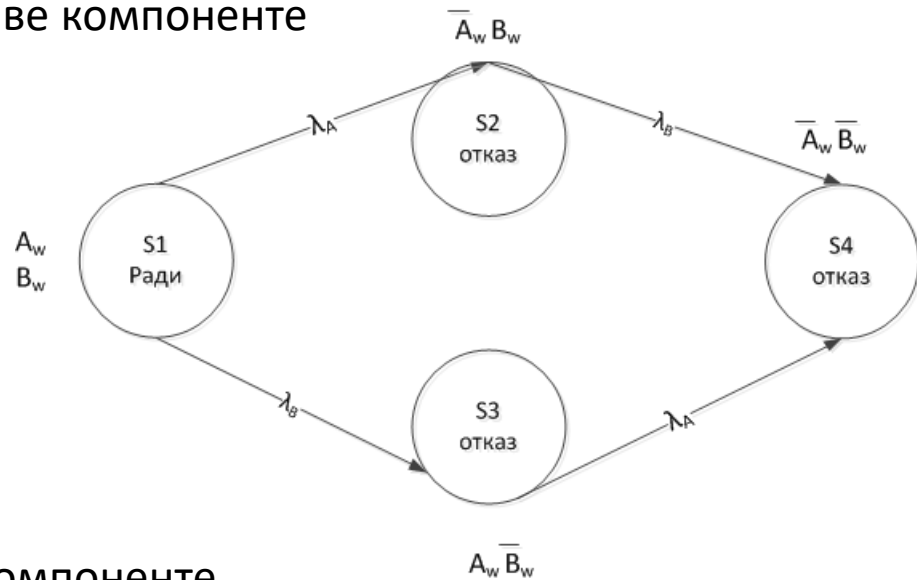
# Марковљеви ланци

Серијска веза – неоправљиве компоненте

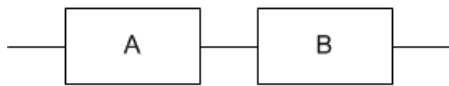


РДБ модел

$$A=P(S1)$$

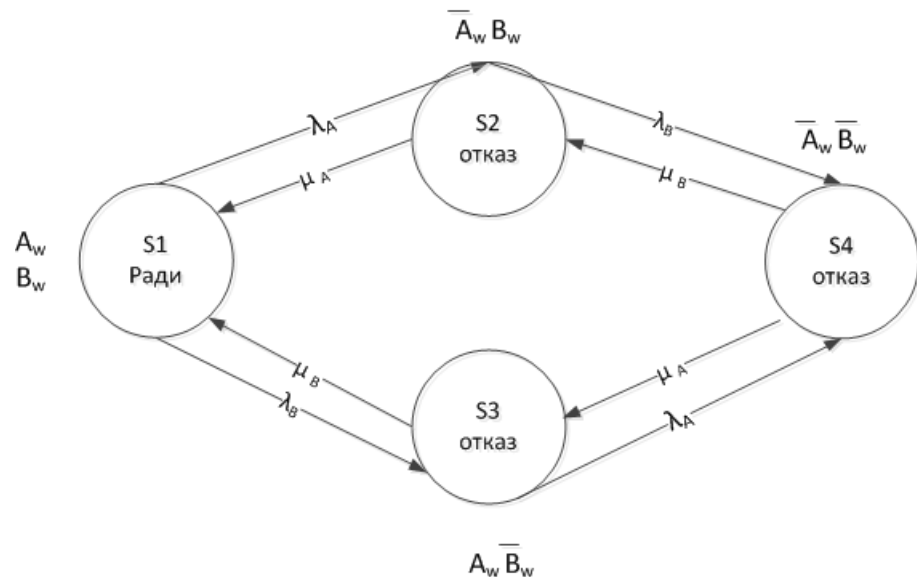


Серијска веза – оправљиве компоненте



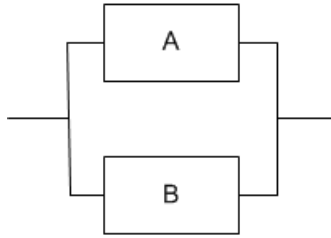
РДБ модел

$$A=P(S1)$$



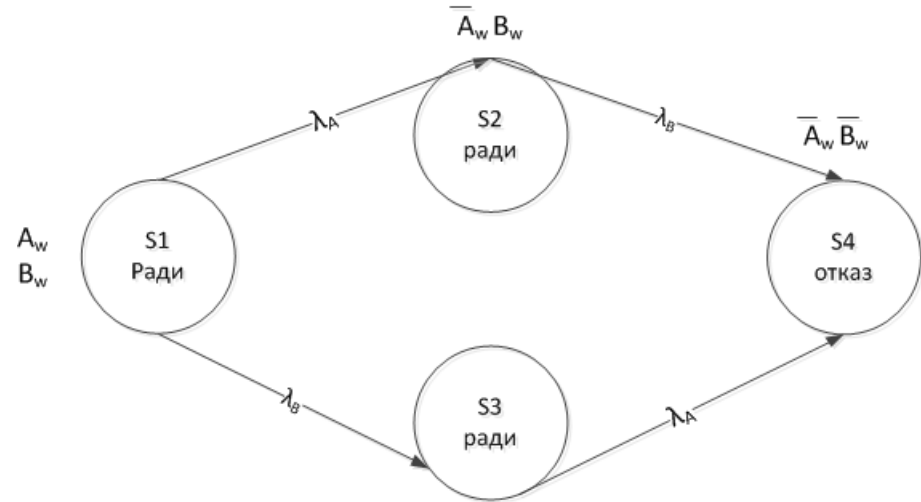
# Марковљеви ланци

Паралелна веза – неоправљиве компоненте

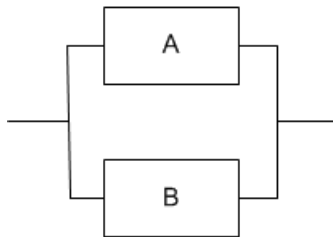


РДБ модел

$$A = P(S1) + P(S2) + P(S3)$$

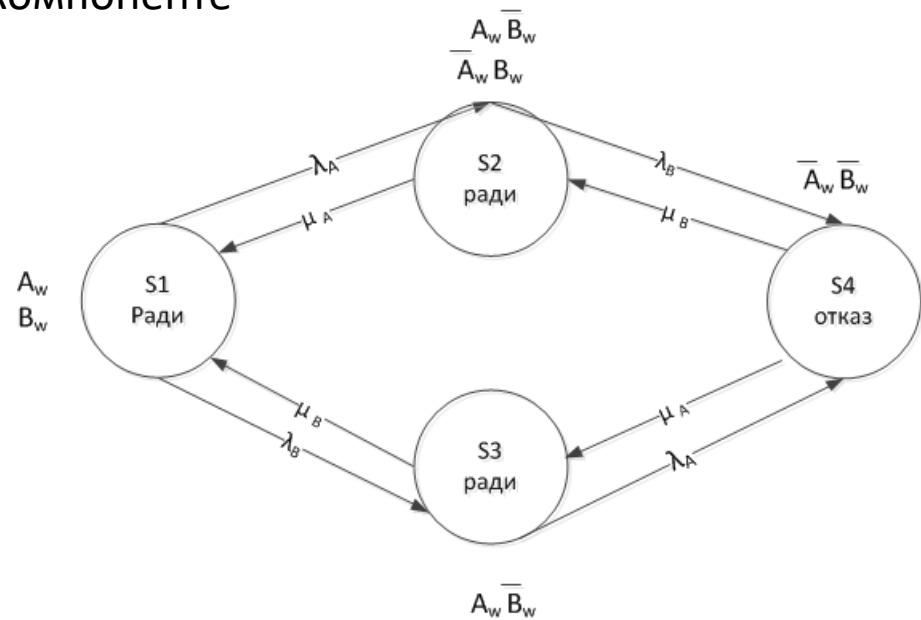


Паралелна веза – оправљиве компоненте



РДБ модел

$$A = P(S1) + P(S2) + P(S3)$$



## Пример 2

Компанија XXX продаје своје производе преко велепродајне мреже и директном продајом (*on-line* путем свог веб сајта). Како су трошкови директне продаје далеко мањи од трговине путем посредника, компанија разматра могућност да комплетну продају обавља преко веб сајта. Да би такав начин пословања био ефикасан, неопходно је да време нефункционалности (*down time*) веб сајта буде највише 15 минута дневно.

Праћењем рада веб сајта, утврђено је да он у просеку једном у два дана недоступан.

При томе је у 90% случајева одмах утврђен разлог и проблем отклоњен у просеку за 10 минута. У 10% случајева разлог недоступности сајта није могао бити одмах утврђен и за његово откривање је било у просеку потребно по сат времена, након чега се приступало отклањању утврђеног проблема.

На основу уочених карактеристика веб сајта, утврдити да ли компанија може одмах да се преусмери на директну продају или је потребно да побољша перформансе веб сајта.

# Пример 2

Време нефункционалности (*down time*) веб сајта - највише 15 минута дневно.

⇒ Сајт треба да буде расположив 1425 минута дневно ( $24 \cdot 60 - 15$ )

⇒ Распоживост сајта буде бар 0,989583 ( $1425 / (24 \cdot 60)$ ).

⇒ Потребно је одредити тренутну расположивост веб сајта.

Веб сајт се може наћи у једном од три стања:

Стање 1 - исправан (функционалан).

Стање 2 – неисправан на оправци, уклања се проблем који је утврђен и

Стање 3 – неисправан из још неутврђеног разлога, открива се разлог неисправности.

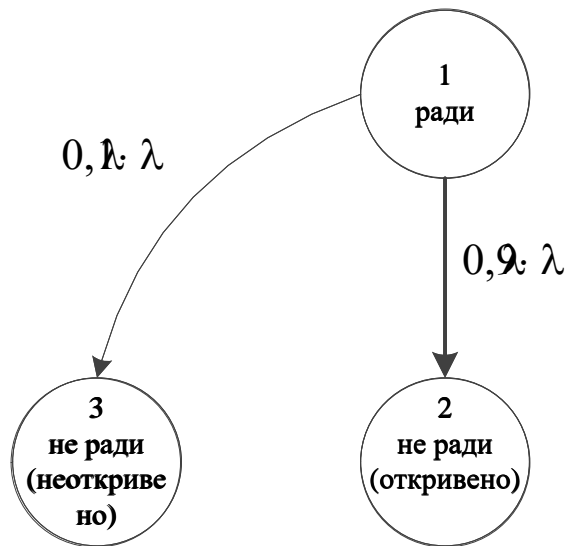


# Пример 2

Праћењем рада веб сајта, утврђено је да он у просеку једном у два дана недоступан.

Сајт отказује једном у два дана  $\Rightarrow$  је  $\lambda=0,5$  отказа на дан.

При томе је у 90% случајева одмах утврђен разлог и проблем отклоњен у просеку за 10 минута. У 10% случајева разлог недоступности сајта није могао бити одмах утврђен и за његово откривање је било у просеку потребно по сат времена, након чега се приступало отклањању утврђеног проблема.



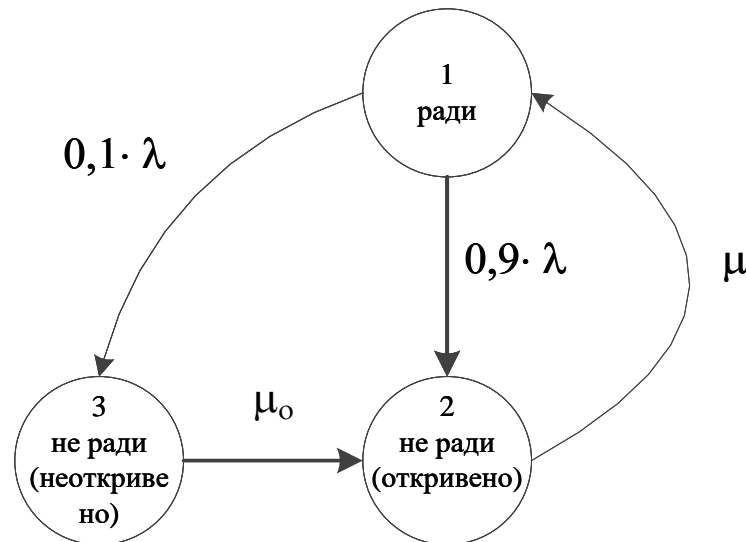
# Пример 2

У 90% случајева одмах утврђен разлог и проблем отклоњен у просеку за 10 минута.

$\Rightarrow \mu = 144$  отказа на дан

У 10% случајева разлог недоступности сајта није могао бити одмах утврђен и за његово откривање је било у просеку потребно по сат времена, након чега се приступало отклањању утврђеног проблема.

$\Rightarrow \mu_0 = 24$  отказа на дан



# Пример 2

Једначине равнотеже:

Стање 1:  $\mu \cdot P_2 = 0,1 \cdot \lambda \cdot P_1 + 0,9 \cdot \lambda \cdot P_1$

$$144 \cdot P_2 = 0,1 \cdot 0,5 \cdot P_1 + 0,9 \cdot 0,5 \cdot P_1$$

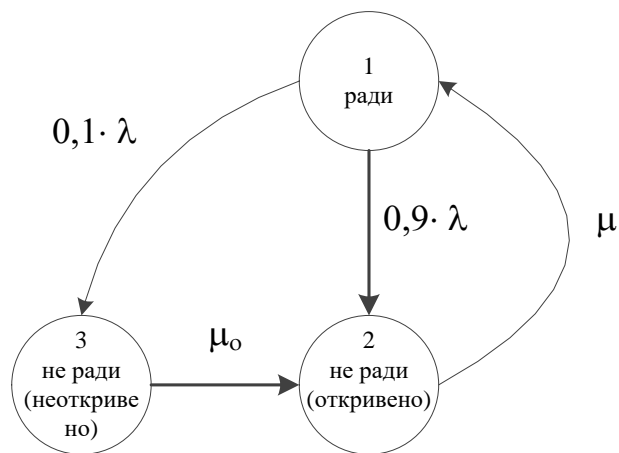
Стање 2:  $0,9 \cdot \lambda \cdot P_1 + \mu_0 \cdot P_3 = \mu \cdot P_2$

$$0,9 \cdot 0,5 \cdot P_1 + 24 \cdot P_3 = 144 \cdot P_2$$

Стање 3:  $\mu_0 \cdot P_3 = 0,1 \cdot \lambda \cdot P_1$

$$24 \cdot P_3 = 0,1 \cdot 0,5 \cdot P_1$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1$$



## Пример 2

$$144 \cdot P_2 = 0,1 \cdot 0,5 \cdot P_1 + 0,9 \cdot 0,5 \cdot P_1$$

$$24 \cdot P_3 = 0,1 \cdot 0,5 \cdot P_1$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1$$

---

$$0,5 \cdot P_1 - 144 \cdot P_2 = 0$$

$$0,05 \cdot P_1 - 24 \cdot P_3 = 0$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1$$

---

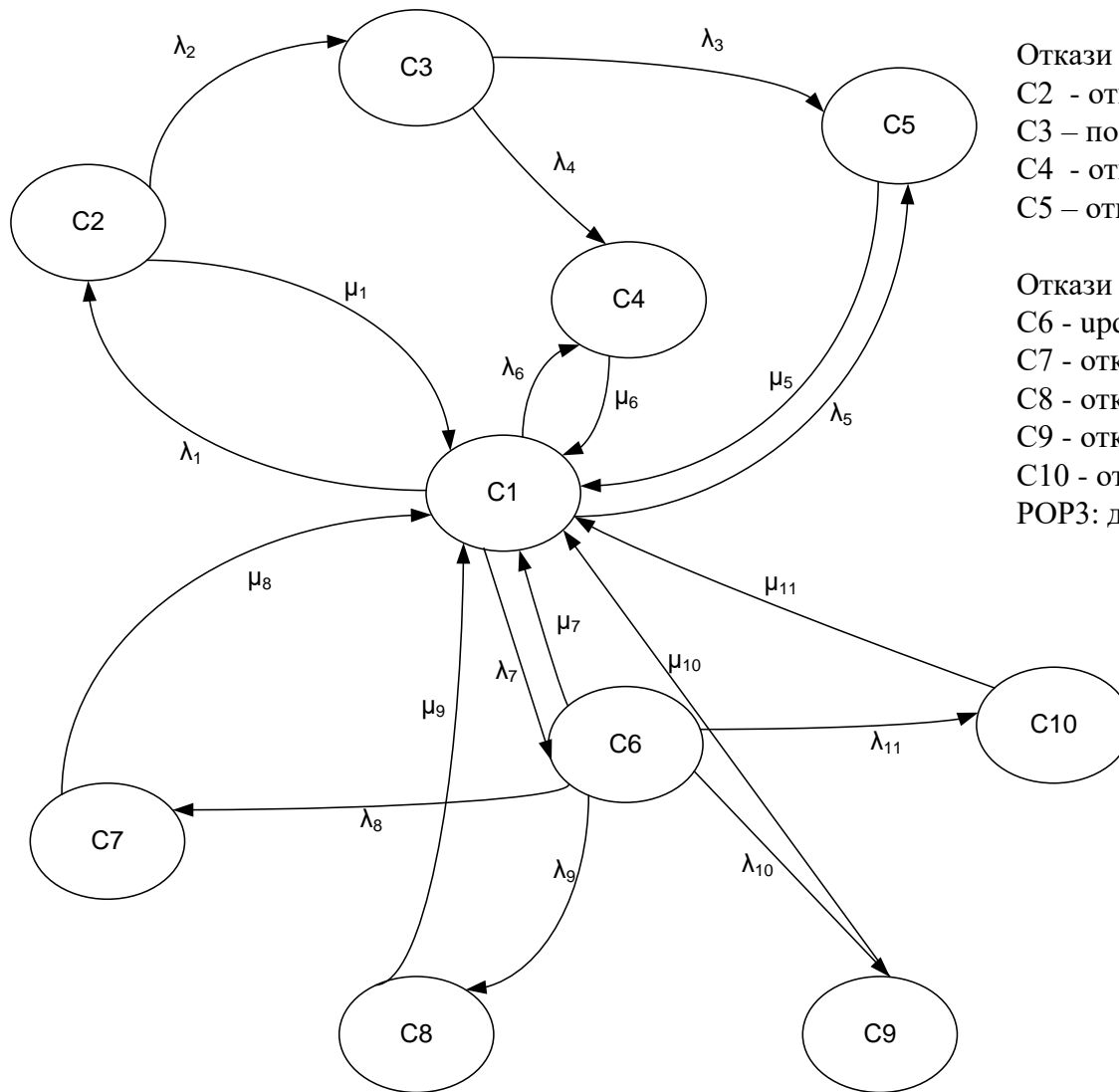
$P_1 = 0,994475$ ,  $P_2 = 0,003453$  и  $P_3 = 0,002072$ .

$\Rightarrow$  расположивост веб сајта  $P_1 = 0,994475$  је већа од захтеване  $0,989583$ .

*down time* веб сајта:

1-  $P_1 = 0,005525 \Rightarrow$  компонента није у функцији  $0,005525 \cdot 1440 = 7,956 \approx 8$  минута дневно (захтевано је највише 15 минута дневно).





C1 – исправно стање

Откази хардвера:

- C2 - отказ напајања : потпуни отказ система (ПОС)
- C3 – поправљено напајање, систем и даље не ради (ПОС)
- C4 - отказ плоче, процесора и меморије: ПОС
- C5 – отказ дискова: деградирани капацитет система

Откази софтвера:

- C6 - update система, систем не ради
- C7 - отказ кернела након update-а система: ПОС
- C8 - отказ неког сервиса за подизање система: ПОС
- C9 - отказ LDAP-а: ПОС
- C10 - отказ неког од сервиса SMTP, WEB mail, IMAP или POP3: деградирани капацитет система

Windchill Quality Solutions - [Project 3, System: Project 3]

File Edit View Insert Format Tools System Markov Diagram Window Help

Markov Table

Identifier	Description
1	Markov1

< Click here to insert a new record >

Markov Diagram - Markov1

Click to select objects

FPMH Tryout

8:12 PM 8/29/2013