330.46

Рясский А.А., аспирант,
Севастопольский национальный технический университет

О РЕШЕНИИ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ЗАДАЧИ СНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ

В настоящее время большинство крупных промышленных предприятий имеют территориально-распределенную организацию. Производственные комплексы могут быть расположены за несколько десятков (сотен) километров друг от друга. Основная задача предприятия по организации снабжения – своевременное бесперебойное и комплексное снабжение производства всеми необходимыми материальными ресурсами при минимальных издержках управления запасами [1]. В данной статье мы рассмотрим территориально-распределенную сеть производственных комплексов, которые обладают свойствами отказа и восстановления, что влияет на эффективность работы таких систем. Возникает задача организации своевременного снабжения запасными устройствами для оперативного ремонта. В случае территориально-распределенной организации предприятия актуальность проблемы решения этой задачи трудно переоценить.

Данная логистическая задача успешно решается математическими методами исследования операций [2]. Важнейшие исследования в области анализа сложных систем были проделаны трудами таких всемирно известных ученых как В.М. Глушков, Б.В. Гнеденко, Л.В. Канторович. Однако не до конца исследована взаимосвязь данной проблемы с методами оптимизации сложных систем с помощью имитационного моделирования, где в качестве оптимизационного метода используются генетические алгоритмы [3, 4]. Примером такой системы может выступать сеть машиностроительных заводов, где выход из строя одного производственного комплекса ведет к остановке работы всего промышленного предприятия. Рассмотрим систему машиностроительных заводов, состоящую из производственных комплексов, которые располагаются в различных государствах. В системе предусмотрена подсистема снабжения, в составе которой находятся склады запасных устройств с известной емкостью, и мобильные ремонтные группы. Подсистема снабжения периодически закупает запасные устройства, и размещает их на складах. Для пополнения запаса на складах подсистема закупок располагает некоторым запасом денежного ресурса М. Известны расценки на закупки запасных устройств, и известно распределение закупаемых устройств по складам.

В случае отказа одного и только одного производственного комплекса, управляющая подсистема выдает сигнал об частичном отказе всей системы, по которому ремонтная группа выезжает со своей базы на склад запасных устройств и, получив его, перемещается к отказавшему комплексу для ремонта, после чего комплекс немедленно восстанавливается.

Целью статьи является описание решения задачи снабжения распределенной системы с помощью генетического алгоритма, применяемого в имитационной модели сложной системы.

Сформулируем постановку задачи – установить такие входные параметры имитационной модели рассматриваемой системы, при которых суммарное время безотказной работы системы будет максимальным, и ежеквартальные затраты на пополнение ресурса будут минимальными. Поиск оптимального решения вести генетическим алгоритмом.

Рассмотрим систему $S(A,B,G,t_n)$: А –множество подсистем, В – множество связей, G - граф системы, t_n – моменты принятия решений о генерации управляющих сигналов $\{U,V,W\}$

Система обладает свойствами частичного отказа, восстановления, полного отказа. Отказы формируют поток заявок в системе. В нашей обобщенной задаче все элементы системы – узлы сетки с известными координатами. С точки зрения функциональности элементы $a_{0i} \in A_0$– это объекты обслуживания системы; элементы, обладающие свойствами частичного отказа и полного отказа. Частичный отказ наступает в случайный момент времени τ. Одновременно может отказать один и только один элемент A_0. Интенсивность отказа задана для всех A_0, моменты отказов всех объектов имеет одинаковую функцию распределения.

Система имеет два состояния: S_0 – Система работоспособна; S_1– Система находится в состоянии частичного отказа;

Переход $S_0 \rightarrow S_1$ происходит в момент τ. Переход $S_1 \rightarrow S_2$ происходит в момент $\tau + t_{крит}$.

Переход $S_1 \rightarrow S_0$ происходит в момент $\tau + t_{восст}$. Работу системы оценивает функционал $E\{S,U,R\} \rightarrow extr$, $u \in U$, $R \in R^0$, где U – множество управляющих сигналов, R - множество ресурсов.

Управляющие сигналы имеют вид: U{W,V,{w},{v}}, где: W – управляющие сигналы подсистемы коммивояжеров; V – для подсистемы источников ресурсов; w – для коммивояжеров; v – для источников ресурсов.

Элементы $a_{1j} \in A_1$, – динамические элементы системы, $a_{1j} \in A_1$ характеризуется пятеркой (x,y,s,t,u), где : s - состояние, (x,y) – положение в сетке, u - управляющий сигнал, t – момент времени. В нулевой момент времени t_0 все элементы A_1 расположены в месте диспозиции, где они ожидают управляющего сигнала из подсистемы диспетчеризации.

Дисциплину функционирования коммивояжера определяет конечный автомат Мили:

	S0	S1	S2	S3	S4	S5
w_0	S1					
w_1		S2				
w_2			S3			
w_3				S4		
w_4					S5	
w_5						S0

S0 – Коммивояжер свободен;
S1 – Коммивояжер захвачен;
S2 – Прибывает к источнику ресурса;
S3 – Получает единицу ресурса;
S4 – Находится в пути к объекту обслуживания ;
S5 – Находится в пути к месту диспозиции.

Сигналы: w_0 - захватить коммивояжер; w_1 – свободный источник ресурса найден; w_2 – в наличии имеется свободная единица ресурса; w_3 – направиться к объекту для ремонта; w_4 –объекта обслуживания отремонтирован, на этом обслуживание завершено; w_5 – освободить коммивояжер.

Элементы $a_{2k} \in A_2$ характеризуются тройкой (C, S, t), где C - емкость источника ресурсов, S-состояние, t – момент времени. Назначение элементов - обеспечивать систему ресурсом восстановления. Дисциплину функционирования определяет вероятностный конечный автомат М или:

Таблица 1

Таблица переходов и выходов состояний источника ресурсов

	S0	S1	S2	S3
v_0	S1			
v_1		S2 / S3		
v_2				S2
v_3			S0	

S0 – склад свободен;
S1 – склад занят
S2 – склад не пуст;
S3 – склад пуст;
Сигналы: v_0 – занять склад, v_1 – захватить единицу ресурса, v_2 – пополнить склад, v_3 – освободить склад.

Нахождение вероятности перехода S1→ S2 зависит от момента времени перехода, и её нельзя вычислить через уравнения Колмогорова.

Подсистема A_3 физически может быть представлена как набор дуплексных каналов связи между всеми остальными элементами системы.

Оптимизируем ресурс $M \in R$. M редуцируется в процессе управления набором оптимизируемых параметров $P_1 \ldots P_n$.

Фиксированные параметры модели :

1) A_1,A_2,A_3 - структура системы;
2) $\lambda_1..\lambda_n$ – интенсивности отказов элементов подсистемы;
3) D – координаты размещения элементов системы;

Оптимизируемые параметры:

1) p_1 – вектор размещения ресурса i-го вида для каждого склада;
2) p_2 – доступные источники ресурса для i-го коммивояжера.

Выходные данные модели:

1) Время безотказной работы системы.

Была разработана имитационную модель нашей системы на основе
Java-фреймворка Anylogic в парадигме теории массового обслуживания.
Проведена верификация модели.
Составим список ожидаемых реакций на неисправности модели.

Неисправность модели	Ожидаемая реакция
Отказов объектов обслуживания не происходит	Агенты не перемещаются в сетке
Агенты не доставляют запасные устройства на объекты обслуживания	Восстановления системы не происходит
Запас ресурса не тратится	Восстановления системы не происходит

Чтобы проверить повторяемость результатов моделирования при фиксированных входных параметрах с помощью дисперсионного анализа, разделим выборку результатов моделирования на четыре группы. Примем нулевую гипотезу H_0 о том, что номер эксперимента не влияет на результат моделировния, и альтернативную гипотезу H_1 - номер эксперимента влияет на результат моделирования. В табл. 2 представлена выборка и параметры моделирования.

Таблица 2

Выборка результатов моделирования

№	A_0	A_1	A_3	Ny_1	Ny_2	λ	$T_{без}$	T
1	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,258	10
2	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,5761	10
3	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,5769	10
4	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,258	10
5	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,7264	10
6	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,7409	10
7	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,8261	10
8	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,0661	10
9	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,1108	10
10	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,7264	10
11	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,5250	10
12	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,2410	10
13	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,8853	10
14	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,7408	10
15	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,2971	10
16	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,3443	10
17	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,7408	10
18	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,4998	10
19	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,4592	10
20	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,7724	10
21	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,1981	10
22	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,1629	10
23	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,9051	10
24	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,1629	10
25	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,2072	10
26	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,398	10
27	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,5792	10
28	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,4857	10
29	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,1629	10
30	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,5348	10
31	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,1629	10
32	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,7264	10
33	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,1008	10
34	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,9188	10
35	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,3242	10
36	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,8630	10

37	3	3	2	1,2	2,3	0,01	7,0507	10
38	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,8310	10
39	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,258	10
40	3	3	2	1,2	2,3	0,01	6,8630	10

Результаты анализа не противоречат нулевой гипотезе, т.е. результаты моделирования обладают свойством повторяемости.

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа

	SS	MS	F	p
$T_{без}$	1,5361	1,5361	1,2044	0,279350

Таблица 4

Анализ чувствительности модели

Параметр	Значение
$\frac{\Delta p_1}{\Delta Tбез}$	0,715
$\frac{\Delta p_2}{\Delta Tбез}$	0,138

Принципы работы генетических алгоритмов рассмотрены в [1].

В нашей задаче хромосома H{H1,H2} состоит из двух генов :

- Размещение ресурса по складам;
- Список доступных складов.

В нашем генетическом алгоритме присутствуют такие параметры, как:

1) Максимальное время моделирования одной генетической структуры;

1. Количество выживающих при отборе по критерию;

2. Количество поколений моделирования.

Функцией приспособленности генетического алгоритма будем называть время безостановочной работы предприятия для каждой промоделированной структуры.

Перед началом работы генетического алгоритма

1. Определим начальные параметры системы;

2. Сгенерируем начальную популяцию структур.

В начальной популяции мы сгенерируем все возможные перестановки для H3, а также все перестановки всех разбиений для H1.

3. Вычислим функцию приспособленности для всех генотипов

На основании планировки по текущему генотипу запускаем моделирование и получаем количество времени, потраченного системой с данным набором параметров, для того, чтобы достичь заданного количества времени безотказной работы.

а) Инициализируются параметры складов и ремонтных агентов;

б) Запускаются потоки генерации заявок, диспетчеризации заявок;

в) Заявки обрабатываются до тех пор, пока не будут достигнуты заданное время моделирования одной хромосомы. Отношение времени безотказной работы к времени моделирования – есть функция приспособленности

г) Проведем отбор, выбирая наиболее приспособленные особи методом рулетки [2], добавим элитную особь из первого поколения.

4. Отобранные особи скрещиваются между собой путем одноточечного кроссинговера.

5. Происходит мутация с фиксированной вероятностью для всех генотипов. Мутирует один случайный ген.

Условие остановки алгоритма – достижение заданного количества поколений.

Проведем эксперимент;

Таблица 5

Nп	Nвс	Nс	a	F(t)	E	Tз	Tмод	max(Tб)
3	3	3	3	$1-e^{\lambda t}$	5	6	30	30

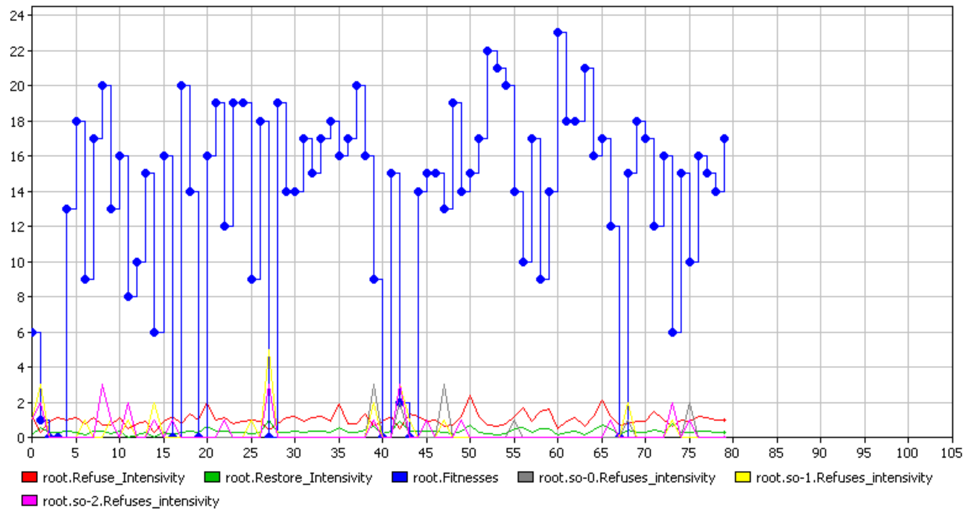

Рис. 1. Ступенчатый график промоделированного безотказного времени работы подсистемы предприятий

По оси X графика отложены номера генотипов, содержащие параметры H1, H2. Генотипы от 0 до 19 являются начальной популяцией. Далее, генотипы 20-29 сгенерированы после первого прохода генетического алгоритма (1-е поколение) , 30-39 — второе поколение, и т.д. Мы можем видеть, что к пятому поколению наблюдается пик целевой функции.

Направление дальнейших исследований – предполагается продолжить исследования в области различных модификаций генетических алгоритмов. В данной статье было показано, как может быть применен генетический алгоритм к задаче максимизации времени безотказной работы систем с подобной структурой и дисциплиной обслуживания. Было показано, что генетический алгоритм позволяет получить субоптимальное решение. Недостатком генетического алгоритма применительно к данной задаче является возможное попадание в локальный оптимум. Для этого существуют многочисленные эвристики [4].

Литература

1. Баскин А.И. Экономика снабжения предприятия сегодня и завтра / А.И. Баскин, Г.И. Варданян.— М.: Экономика, 1990.— 207 с.

2. Вентцель ЕС. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель.— М.: Высшая школа, 1986.— 203 с.

3. Вороновский Г.К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г.К. Вороновский, С.А. Сергеев.—М.:ОСНОВА.— 1997. – 112 с..

4. Батищев Д.И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач / Д.И. Батищев.— Воронеж: Воронеж, 1995. — 64 с.

Рецензент докт. техн. наук, профессор В.Я. Копп