
ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИЙНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЖИВУЧЕСТИ СЕТЕЙ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЙ

В.Т. Аверьянов, кандидат военных наук;

Е.С. Топилкин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена методика анализа живучести сети путей сообщений на основе энтропийного подхода. В результате ее применения появляется возможность ранжировать населенные пункты (перекрестки дорог) и пути подвоза по их влиянию на уровень живучести всей системы ресурсного обеспечения пожарных подразделений при тушении пожаров.

Ключевые слова: энтропийный подход, показатель живучести неориентированного графа

APPLICATION OF THE ENTROPY APPROACH TO ASSESS THE SURVIVABILITY OF NETWORK ROUTES MESSAGES

V.T. Averyanov; E.S Topilkin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This paper proposed a method for the analysis of network survivability routes messages based on the entropy approach. As a result of its application it is possible to rank the locations (crossroads), and supply routes for its impact on the level of survivability of the entire system of resource support fire departments in extinguishing fires.

Key words: entropy approach, the rate of survival of an undirected graph

Рассмотрим оценку живучести сетей путей сообщений на примере различных моделируемых неориентированных графов [1]. Программа GPSS World используется для определения показателей живучести неориентированного графа [2–4].

Для использования программы GPSS World необходимы следующие исходные данные:

- число вершин графа;
- матрица степеней вершин графа;
- разреженная матрица смежности графа;
- число связей в графе.

В результате работы программы формируется массив значений уровней живучести, рассчитанных при моделировании последовательного уничтожения вершин графа.

Создание универсального пакета прикладных программ, анализирующего живучесть коммуникационных систем по энтропийному показателю живучести, практически невозможно в силу того, что для каждой конкретной системы существуют свои ограничения,

в рамках которых определяется максимально возможная энтропия, а, следовательно, решается тем или иным методом задача нелинейного программирования.

На рис. 1–15 приведены различные графы, моделирующие сети путей сообщений и результаты машинного эксперимента по анализу их живучести.

Для проведения эксперимента был выбран граф с $N + 1 = 31$ вершиной и с 50 связями, местоположение которых менялось в ходе эксперимента. Для таких графов (рис. 1–12) $H_{\max} = 11, 404$. На рис.13 и рис.14 приведены графы, у которых менялось число связей или число вершин.

Как видно из рис. 1–10 живучесть графов меняется в зависимости от вида структуры графа при одном и том же числе вершин и связей. Из рисунков и результатов эксперимента видно, что при росте концентрации связей живучесть графа снижается значительно больше при концентрации связей вокруг одной вершины, чем при концентрации вокруг нескольких региональных центров (рис. 8, 9).

Несмотря на то, что степень концентрации у графа на рис. 9 меньше, чем у графа на рис. 8, живучесть последнего выше, чем у графа на рис. 9. Это объясняется тем, что у графа на рис. 8 концентрация происходит вокруг четырех региональных центров – вершин 3, 15, 20 и 26, в то время как в графе на рис. 9, связи сконцентрированы в глобальном центре – вершине 17.

У графа на рис. 11 моделировалось уничтожение поочередно 4, 6, 13, 14 и 31 вершин. Соответственно, если начальное значение показателя живучести равно 0,628, то при уничтожении 4-й вершины оно равно 0,598, при уничтожении 6-й вершины – равно 0,594, 14-й – 0,592, 31-й – 0,590 и при уничтожении 13-й – 0,546. Следовательно, эти вершины по значимости для живучести графа следует ранжировать в следующем порядке: 1 – вершина 13, 2 – вершина 31, 3 – вершина 14, 4 – вершина 6, 5 – вершина 4.

Таким образом, значимость вершины для уровня живучести тем выше, чем больше связей у данной вершины.

Аналогичный эксперимент проделан для графа на рис.12. Моделировалось поочередное уничтожение вершин с высокой степенью концентрации 1, 5, 8, 25, и 29. Исходный уровень живучести равен 0,629. При уничтожении 1-й вершины он равен 0,563; 5 – 0,583; 8 – 0,552; 25 – 0,577; 29 – 0,575. Ранжировка вершин по значимости для показателя живучести имеет вид 8, 1, 29, 25, 5.

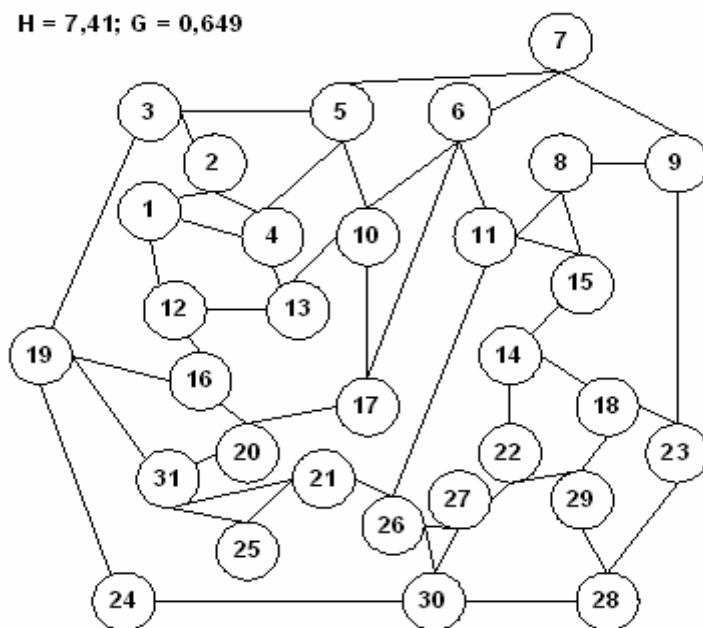


Рис. 1

H = 7,36; G = 0,645

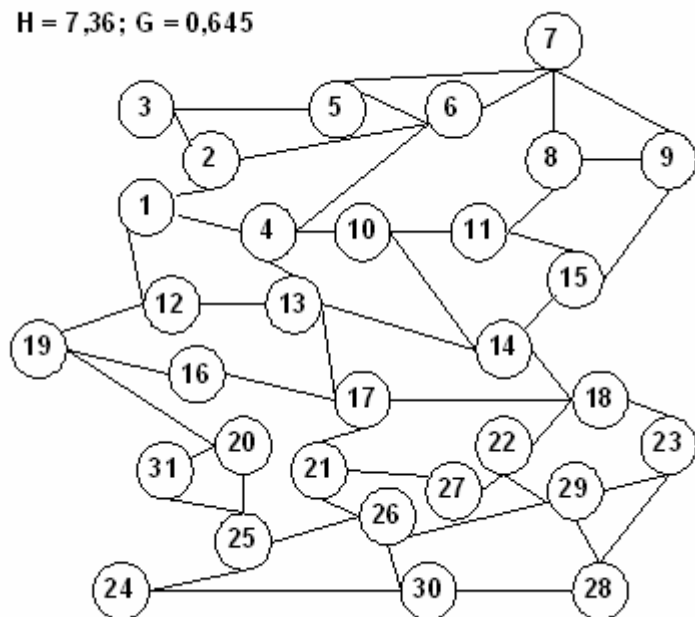


Рис. 2

H = 7,328; G = 0,649

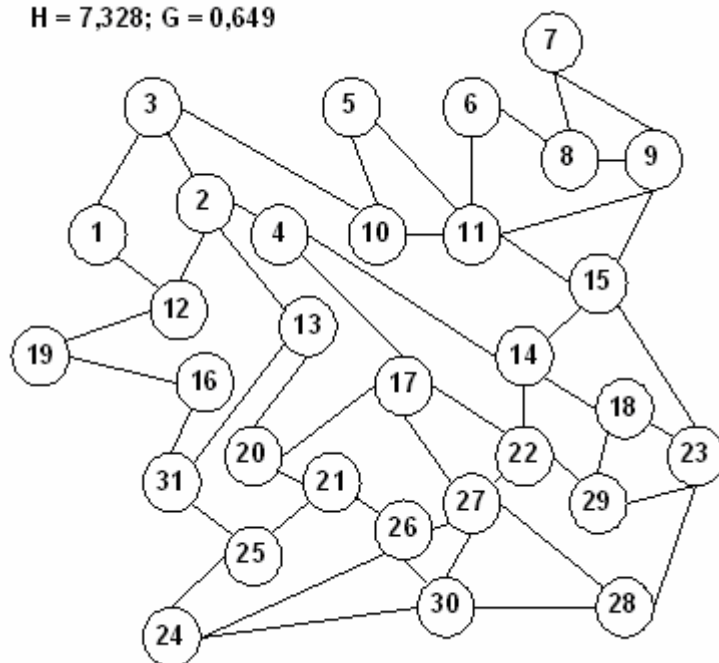


Рис. 3

$H = 6,51; G = 0,633$

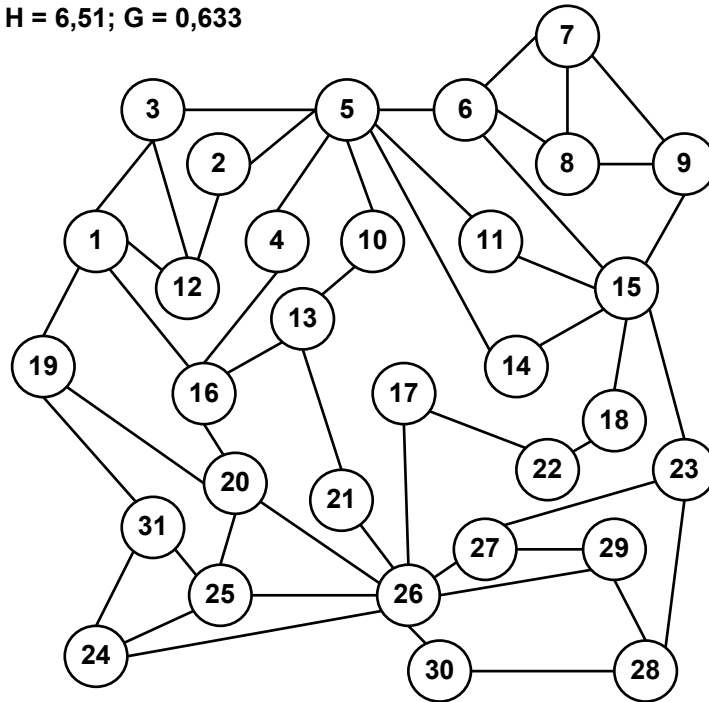


Рис. 4

$H = 7,158; G = 0,627$

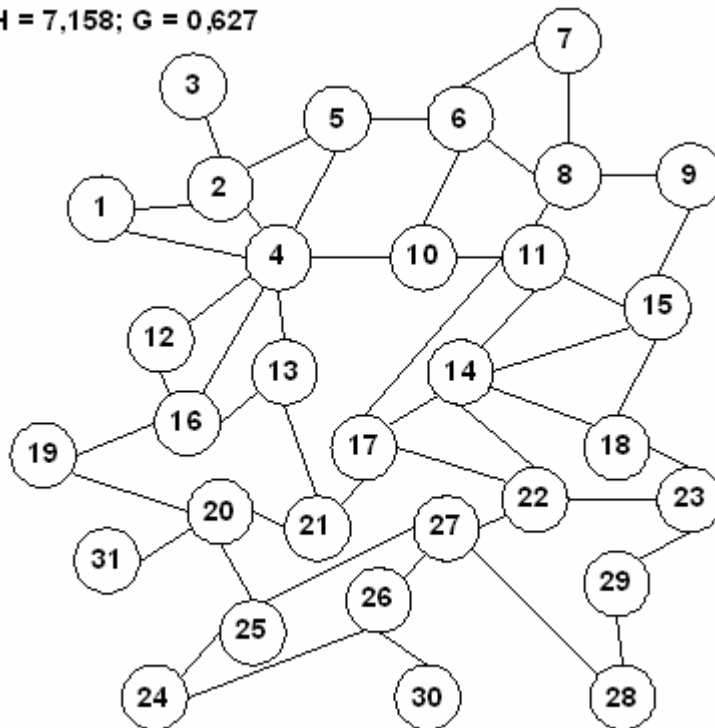


Рис. 5

H = 7,11; G = 0,623

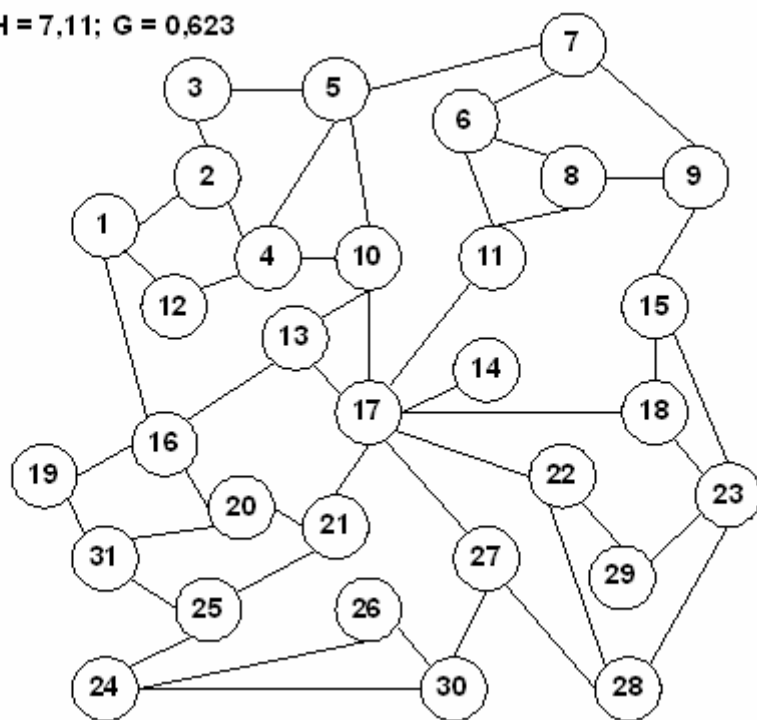


Рис. 6

H = 7,109; G = 0,621

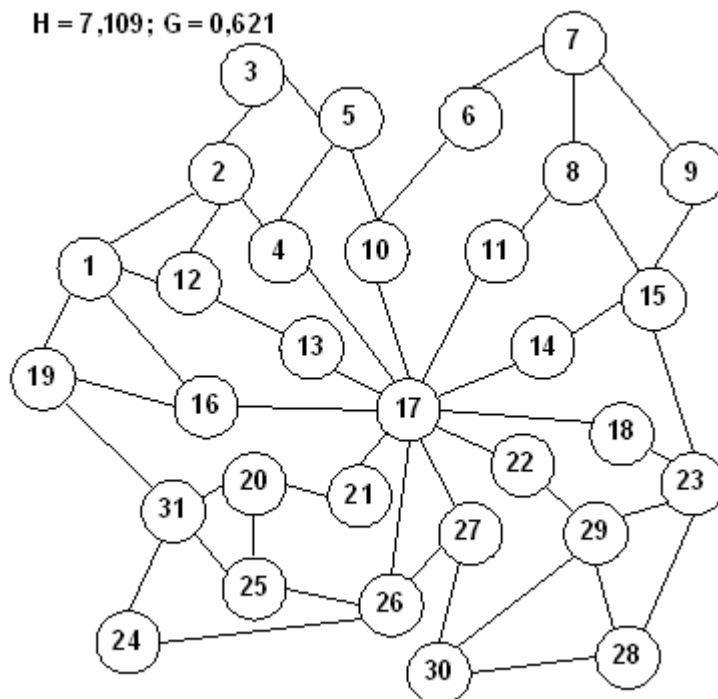


Рис. 7

H = 7,104; G = 0,569

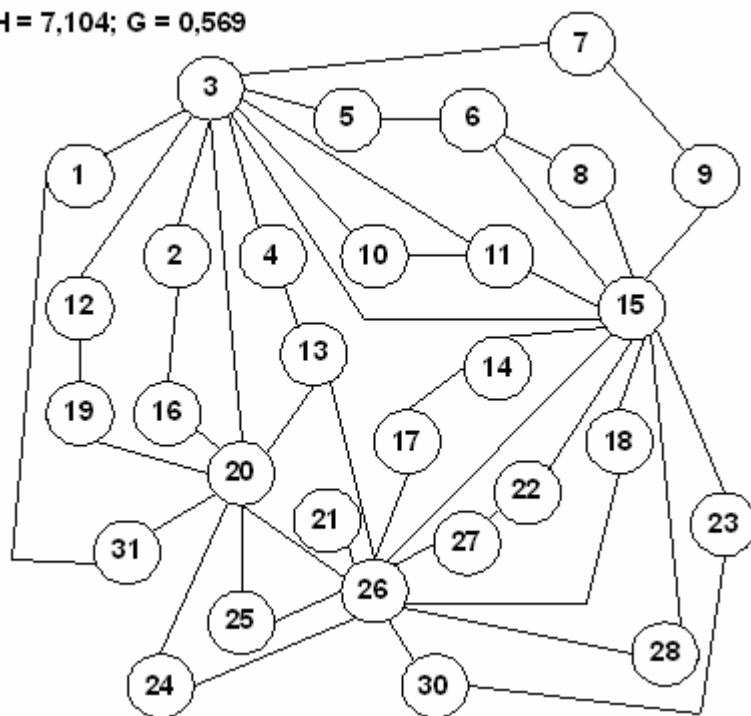


Рис. 8

H = 6,51; G = 0,575

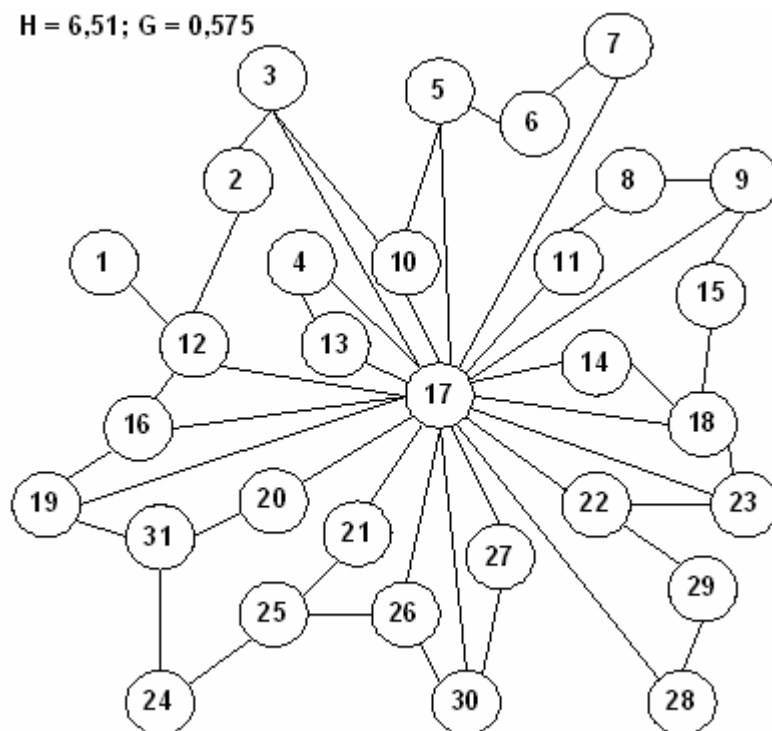


Рис. 9

$H = 6.51; G = 0,575$

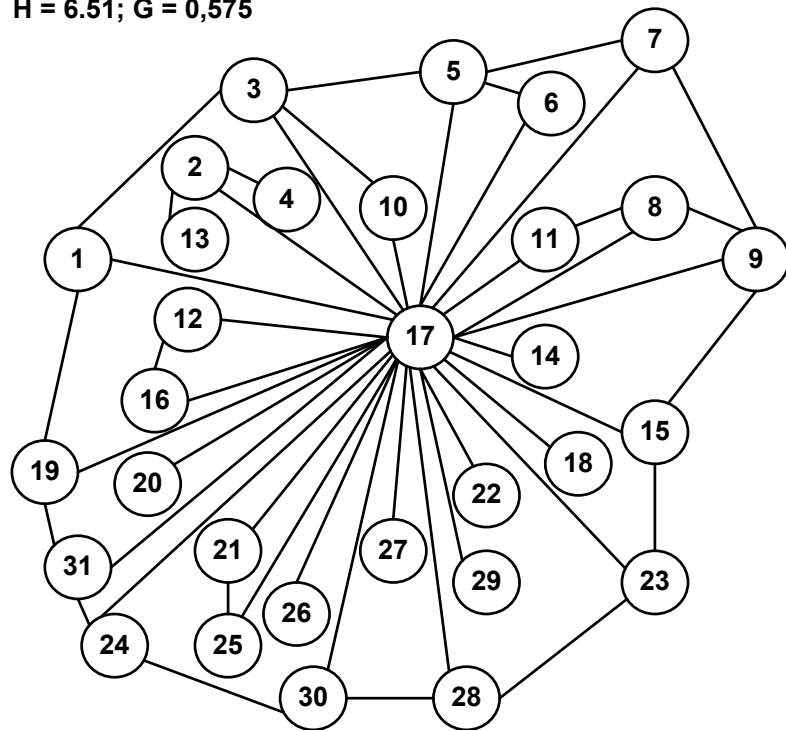


Рис. 10

$H = 7,158; G = 0,628$

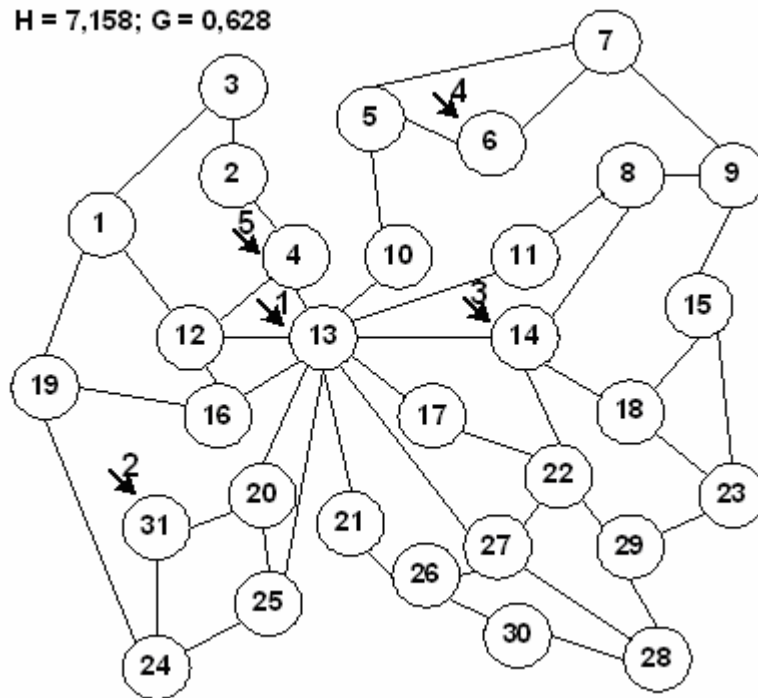


Рис. 11

$H = 7,158; G = 0,627$

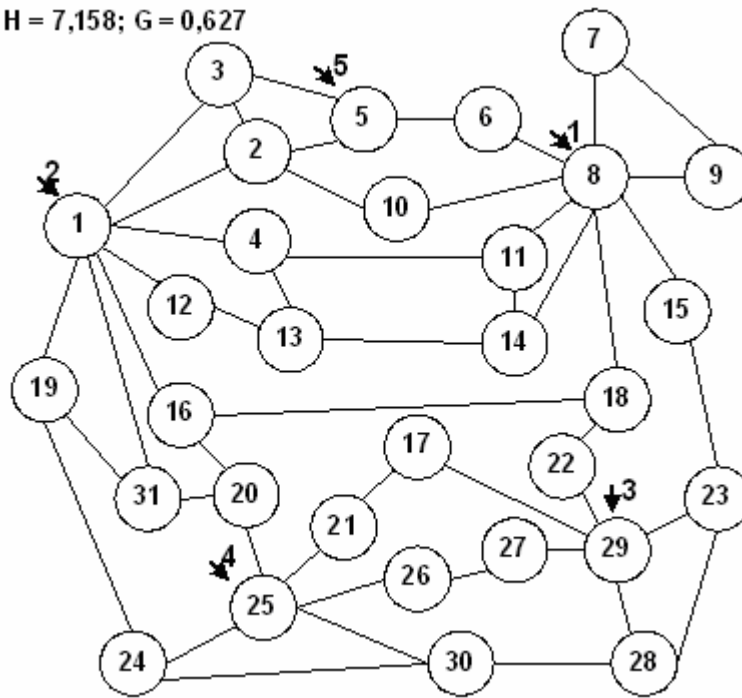


Рис. 12

$H = 7,158; G = 0,627$

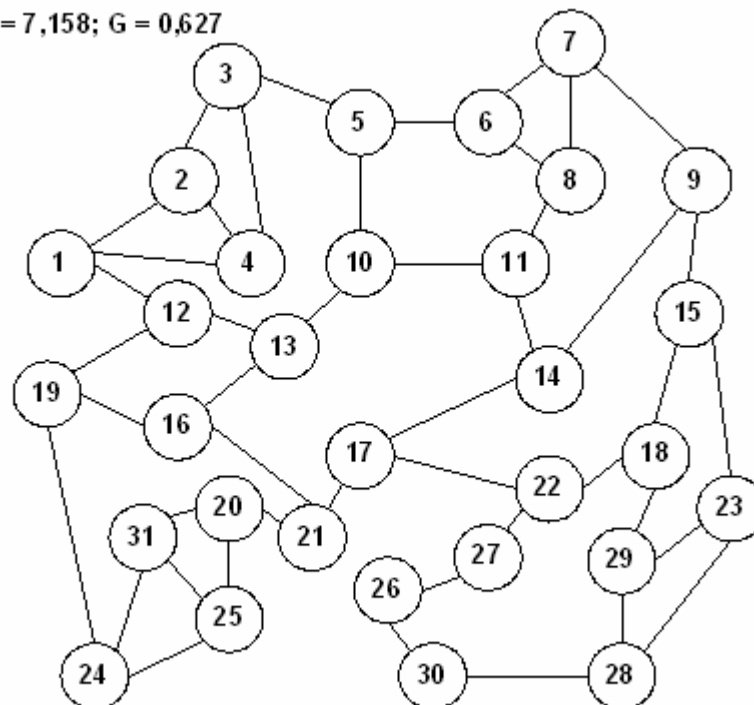


Рис. 13

$H = 7,158; G = 0,627$

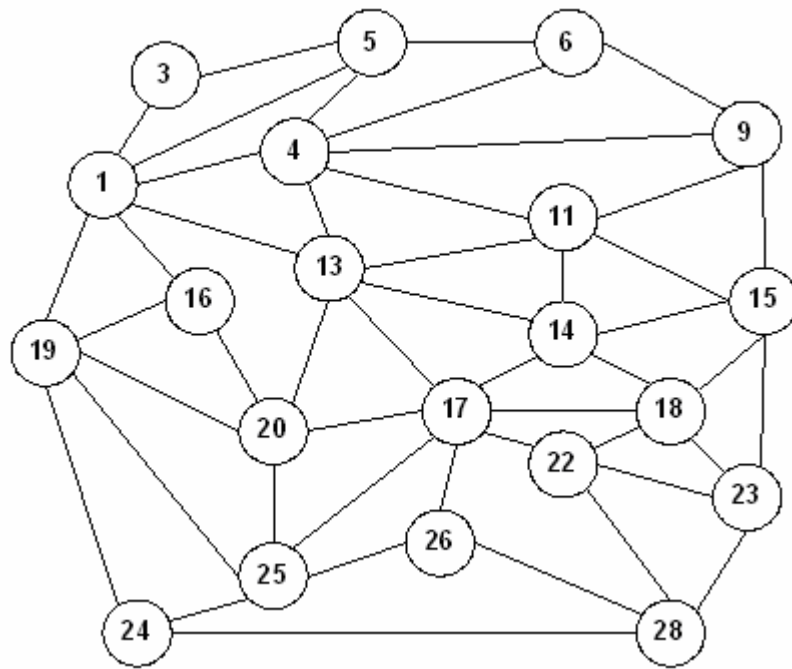


Рис. 14

$H = 7,158; G = 0,627$

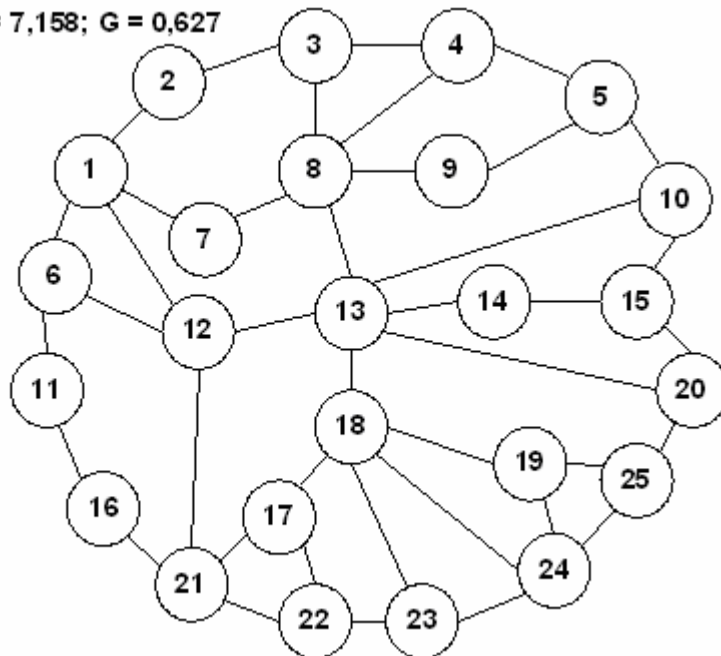


Рис. 15

Таким образом, подтверждается ранее сделанный вывод о большем значении для уровня живучести вершин с большим числом связей. Одновременно анализ значимости вершин 5, 25, и 29, имеющих по 5 связей позволяет сделать вывод о том, что наиболее значимыми являются вершины, связи которых не имеют дублирующих связей у других вершин и наоборот.

Например, вершина 5 имеет наименьшую значимость, поскольку наличие связи между вершинами 3, 2, 10, 8, 6 допускает исключение вершины 5 при распределении потоков на данном графе.

На рис. 13 представлен граф, имеющий 31 вершину, но меньшее число связей – 46. В то же время концентрация связей данного графа практическая такая же как, например, у графов на рис. 1–2. Однако показатель живучести графа на рис. 13 – 0,625 меньше, чем у графов – на рис. 1–2. Следовательно, чем меньше число связей при одном и том же числе вершин, тем меньше значение показателя живучести.

На рис. 14 представлен граф, имеющий 50 связей, но меньшее число вершин – 21. Показатель живучести этого графа составляет 0,782, что объясняется повышением концентрации связей.

На рис. 15 представлен граф, имеющий 25 вершин и 40 связей. Отличительной особенностью этого графа является наличие симметричных элементов структуры, что видно из рисунка. Исследование графов подобного типа представляет интерес с позиций выявления значимости отдельных связей или групп связей для уровня живучести.

В ходе эксперимента моделировалось уничтожение симметрично расположенных связей и определялся уровень живучести графа. При этом наличие ребер между вершинами 17–22, 19–24 вносит асимметрию в структуру графа.

Результаты эксперимента сведены в таблицу. Анализ результатов позволяет утверждать, что значимость связей выше там, где ниже их концентрация. В частности, значимость связей тем выше, чем ниже концентрация связей у тех вершин, которые соединяют эти связи (сравнить связи 4–5 и 18–24).

Таблица. Результаты экспериментальных исследований

Разрушенные ребра	Значение Н	Значение G
–	6,62	0,72
1–2	6,512	0,709
4–5	6,508	0,708
21–22	6,529	0,71
24–25	6,529	0,71
7–8	6,512	0,709
8–9	6,512	0,709
17–18	6,529	0,71
18–19	6,529	0,71
3–8	6,529	0,71
18–23	6,529	0,71
4–8	6,529	0,71
18–24	6,55	0,713

Таким образом, результаты экспериментальных исследований энтропийного показателя живучести позволяют утверждать следующее:

- энтропийный показатель зависит от степени концентрации связей у вершин графа;
- энтропийный показатель чувствителен к числу связей и числу вершин в графе;
- использование энтропийного показателя живучести позволяет ранжировать вершины графа по их влиянию на уровень живучести графа;

– использование данного показателя живучести позволяет ранжировать связи графа по их влиянию на уровень живучести графа;

– выводы, получаемые при использовании энтропийного показателя живучести в основном, полностью совпадают с содержательной интерпретацией влияния вершин и связей графа и их концентрации на уровень живучести.

Предложенная методика анализа живучести сети путей сообщений на основе энтропийного подхода позволяет ранжировать перекрестки дорог, населенные пункты и пути подвоза материально-технических средств по их влиянию на уровень живучести всей системы ресурсного обеспечения пожарных подразделений при тушении пожаров.

Литература

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М., 1967. 608 с.
2. Шрайбер Т.Дж. Моделирование на GPSS = Schriber, T.J. Simulation using GPSS. New York, 1974, Wiley. М.: Машиностроение, 1980. 592 с.
3. Боев В.Д, Сыпченко Р.П. Компьютерное моделирование. Элементы теории и практики: учеб. пособ. СПб.: Военная академия связи, 2009. 432 с.
4. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. М.: Бестселлер, 2003. 416 с.