

ВОСТОК — ЗАПАДНЫЙ

ЖУРНАЛ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ISSN 1729-377

5/2(41)
2009

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

новое поколение
новая экономика

промышленные технологии

industrial
applications

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*
Контактный тел.: 8-067-722-31-18
E-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

Аспирант*
Контактный тел.: 8-096-735-66-65
E-mail: Skorik_Y@list.ru

*Кафедра сети связи
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
р. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

Keywords: IP-telephony, optimisation, hierarchy, the codec, matrix, the expert

Метод анализа иерархий состоит в декомпозиции проблемы выбора оптимального проекта варианта на простейшие составляющие части и дальнейшей обработ-

или численных данных суждений экспертов попарным сравнением различных элементов проблемы выбора. В результате обработки полученных данных получаются коэффициенты, характеризующие приоритетность выбора вариантов проектируемой системы. Эти коэффициенты могут быть использованы для формирования скалярной целевой функции в виде взвешенной суммы показателей качества проектных вариантов системы и последующего выбора единственного варианта.

Принцип декомпозиции предусматривает структурирование проблемы выбора в виде иерархии, что является первым этапом применения МАИ. В наиболее общем виде иерархия строится с верхнего через промежуточные уровни к самому низкому уровню (рис. 1).

Принцип парных сравнительных суждений состоит в том, что объекты-критерии и объекты-альтернативы задачи многокритериальной оптимизации сравниваются попарно в отношении объектов единичной размерности. Результаты парных сравнений приводятся в матричной форме.

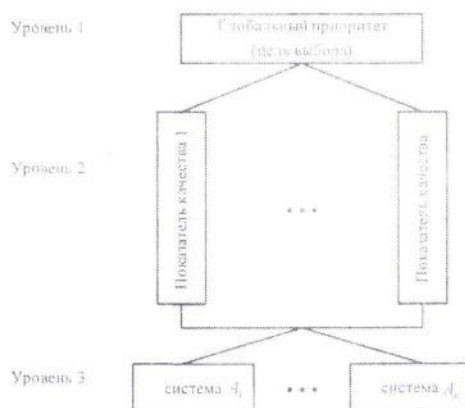


Рис. 1. Декомпозиция задачи выбора в иерархию

С использованием МАИ попарно сравниваются важности разных элементов $\frac{w_i}{w_j}$ соответственно для вариантов систем A_i и A_j :

	A_1	A_2	...	A_n
A_1	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$		$\frac{w_1}{w_n}$
A_2	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$		$\frac{w_2}{w_n}$
A_3	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	...	$\frac{w_3}{w_n}$
...				
A_n	$\frac{w_n}{w_1}$	$\frac{w_n}{w_2}$	...	$\frac{w_n}{w_n}$

Если $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ известны заранее, то парные сравнения элементов производятся с использованием субъективных суждений экспертов, приведенных оценочных по шкале (табл. 1).

Чтобы получить вектор приоритетов ставим искомые системы необходимо выписать некоторые значения из ряда парных суждений. С математической точки зрения эта задача обработки сводится к вычислению скалярного произведения вектора, который $n \times 1$ размерности становится вектором приоритетов.

Таблица 1

Шкала относительной важности элементов	Определение
1	Равная важность
2	Умеренное предпочтение одного элемента другому
3	Существенное предпочтение одного элемента другому
4	Сильное предпочтение
5	Очень сильное предпочтение
6-7	Преклонение, крайнее предпочтение одного элемента другому
Обратные значения	Если предпочтение одного элемента другому, то обратное предпочтение другому элементу. Например, если элемент A предпочтительнее элемента B, то элемент B менее предпочтителен, чем элемент A.

Точный способ задания относительной важности вектора для матрицы парных сравнений заключается в вычислении матрицы и транспонировании по диагонали и делении суммы каждой строки на сумму сумм элементов матрицы. Этот способ рекомендуется не использовать, если обработка матрицы ведется на ЭВМ. Для ручного счета рекомендуется следующий способ, который дает хорошее приближение. Рассмотрим его особенности на примере сравнения относительной важности 5-ти показателей качества систем. Основные вычислительные процедуры для получения шкалы вектора приоритетов этого метода представлены на рис. 2.

Шаги

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
K_1	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_3}$	$\frac{w_1}{w_4}$	$\frac{w_1}{w_5}$
K_2	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3}$	$\frac{w_2}{w_4}$	$\frac{w_2}{w_5}$
K_3	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3}$	$\frac{w_3}{w_4}$	$\frac{w_3}{w_5}$
K_4	$\frac{w_4}{w_1}$	$\frac{w_4}{w_2}$	$\frac{w_4}{w_3}$	$\frac{w_4}{w_4}$	$\frac{w_4}{w_5}$
K_5	$\frac{w_5}{w_1}$	$\frac{w_5}{w_2}$	$\frac{w_5}{w_3}$	$\frac{w_5}{w_4}$	$\frac{w_5}{w_5}$

Вычисление элемента матрицы сравнения объектов по индексам матрицы (3)

$$\frac{w_1}{w_1} \times \frac{w_1}{w_2} \times \frac{w_1}{w_3} \times \frac{w_1}{w_4} \times \frac{w_1}{w_5} = P_1$$

$$\frac{w_2}{w_1} \times \frac{w_2}{w_2} \times \frac{w_2}{w_3} \times \frac{w_2}{w_4} \times \frac{w_2}{w_5} = P_2$$

$$\frac{w_3}{w_1} \times \frac{w_3}{w_2} \times \frac{w_3}{w_3} \times \frac{w_3}{w_4} \times \frac{w_3}{w_5} = P_3 \quad (2)$$

$$\frac{w_4}{w_1} \times \frac{w_4}{w_2} \times \frac{w_4}{w_3} \times \frac{w_4}{w_4} \times \frac{w_4}{w_5} = P_4$$

$$\frac{w_5}{w_1} \times \frac{w_5}{w_2} \times \frac{w_5}{w_3} \times \frac{w_5}{w_4} \times \frac{w_5}{w_5} = P_5$$

Вектор приоритетов объектов по приоритетам P_i

$$\frac{P_1}{S} = P_1$$

$$\frac{P_2}{S} = P_2$$

$$\frac{P_3}{S} = P_3 \quad (3)$$

$$\frac{P_4}{S} = P_4$$

$$\frac{P_5}{S} = P_5$$

$$I = \frac{k_0 - 0}{n - 1} \quad (7)$$

Для каждого объекта оценки, является ли предложенное рассуждение приемлемым или нет, его сравнивают со случайным индексом C_{0i} . Случайным индексом называют индекс случайности, рассчитанный для квадратной n -мерной положительной обрано симметричной матрицы, элементы которой сгенерированы случайным образом с помощью датчика случайных чисел, распределенных по равномерному закону. Для примера в табл. 2 представлены значения случайного индекса для матриц порядка от 1 до 15.

Получив в результате расчета по формуле (7) индекс согласованности и выбрав из табл. 2 случайный индекс для заданного порядка матрицы, рассчитывают отношение согласованности [1]

$$OC = \frac{I}{C_{0i}} \quad (8)$$

Таблица 2

Значения случайного индекса

Размер матрицы n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Случайный индекс C_{0i}	0	0	0,58	0,50	0,42	0,34	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12

Индекс $OC = \frac{I}{C_{0i}}$ - отношение индекса согласованности к случайному индексу. Если $OC \leq 0,1$, то степень согласованности суждений эксперта следует считать приемлемой. В противном случае эксперту рекомендуется пересмотреть свои суждения. Для этого необходимо выявить те значения в матрице суждений, которые вносят максимальный вклад в величину отношения согласованности, и попытаться изменить меру несогласованности в меньшую сторону.

Таким образом, по формуле (2) компоненты вектора собственного вектора вычисляются как средние геометрические значения в строке матрицы парных сравнений

$$\lambda = \sqrt[n]{a_{11} \cdot a_{12} \cdot \dots \cdot a_{1n}} \quad (4)$$

Компоненты вектора приоритетов согласно (3) вычисляются как нормированные значения главного собственного вектора

$$P_i = \frac{\lambda_i}{\sum \lambda_i} \quad (5)$$

В качестве меры согласованности суждений эксперта рассчитывают два показателя: индекс согласованности (I) и отношение согласованности (OC)

Из данной матрицы известно, что согласованность объектов симметричной матрицы парных сравнений в шкале относительной важности эквивалентна трехзначным рейтингам ее минимальных собственных значений λ_{min} и чисел граничных объектов ($\lambda_i, i \geq 1$). Приближенные значения λ_{min} для оценки отношения согласованности можно рассчитывать по следующей формуле:

$$\lambda_{min} = \sum M_i P_i \quad (6)$$

где $M_i = \sum a_{ij}$ - сумма элементов i -го столбца матрицы (1); P_i - компоненты вектора приоритетов аналогичной матрицы (1)

В качестве меры рассогласованности рассматривают дифференциальное отклонение λ_{max} от n - максимального значения согласованности

Если величина $OC \leq 0,1$, то степень согласованности суждений эксперта следует считать приемлемой. В противном случае эксперту рекомендуется пересмотреть свои суждения. Для этого необходимо выявить те значения в матрице суждений, которые вносят максимальный вклад в величину отношения согласованности, и попытаться изменить меру несогласованности в меньшую сторону.

2. Практические особенности применения метода анализа иерархий для выбора оптимальных речевых кодеков с учетом совокупности показателей качества

Рассмотрим особенности применения метода анализа иерархий для выбора оптимального речевого кодека при проектировании систем IP-телефонии с учетом совокупности показателей качества [1]. В качестве показателей качества выбраны основные технические характеристики речевых кодеков, характеризующие их потребительские свойства. В табл. 3 приведены значения показателей качества для 23 различных типов речевых кодеков [1].

На рис. 2 показано иерархическое представление задачи выбора оптимального речевого кодека.

Построим матрицу парных сравнений (табл. 4) для совокупности показателей качества, т.е. со второго уровня иерархии (на первом уровне цель - выбор системы, на третьем - альтернативы). Для заполнения этой таблицы с помощью опытного эксперта выполнили парные сравнения важности показателей качества речевых кодеков. Диагональ этой матрицы заполнена

значениями "1", а элементы матрицы, лежащие ниже диагонали, заполнены обратными значениями.

Таблица 3

Сравнительный анализ речевых кодеков с учетом совокупности показателей качества

Кодексы	Скорость кодирования, кбит/сек	Оценки качества, MOS (1-5)	Сложность реализации, MIPN	Размер кода, мб	Суммарная задержка, мс
G.711	64	3,83	1,595	0,405	30
G.721	32	4,1	7,2	0,125	30
G.722	48	3,83	11,95	0,125	30,3
G.722	56	4,3	13,55	0,125	30,3
G.722	64	4,13	11,95	0,125	30,3
G.723	5,3	3,6	26,5	30	37,5
G.723	6,4	3,9	29,9	30	37,5
G.726	24	3,7	9,6	0,125	30
G.726	32	4,05	9,6	0,125	30
G.726	40	3,9	9,6	0,125	30
G.727	24	3,7	9,6	0,125	30
G.727	32	4,05	9,6	0,125	30
G.727	40	3,9	9,6	0,125	30
G.728	16	4	28,5	0,625	30
G.729	8	4,05	25,5	10	35
G.729a	8	3,95	24,7	10	35
G.729b	8	4,05	23,2	10	35
G.729ab	8	3,95	23,5	10	35
G.729c	8	4,1	30	0	35
G.729c	11,8	4,12	30	10	35
G.727	16	4	9,6	0,125	30
G.728	12,8	4,1	19	0,625	30
G.729d	6,3	4	30	10	35

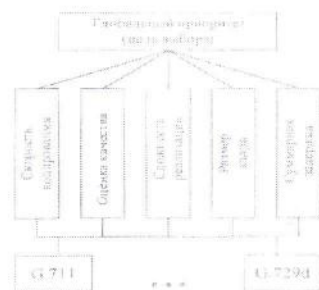


Рис. 2. Декомпозиция задачи выбора в иерархию сравнения кодеков

В табл. 3 приведены вычисленные согласно (2) оценки компонент собственного вектора

По значениям компонент собственного вектора получены согласно (3) оценки компонент вектора приоритетов.

Далее выполнены парные сравнения по 11-уровневой иерархии.

В частности, выполнены парные сравнения речевых кодеков по отношению к выбраным показателям качества: скорости кодирования, к качеству кодирования речи, к сложности реализации, к размеру кода, к суммарной задержке. В результате обработки полученных матриц парных сравнений вычислены по описанной ранее методике собственные векторы и векторы приоритетов.

Таблица 4

Парные сравнения показателей качества речевых кодеков

Показатель качества	Скорость кодирования	Оценки качества	Сложность реализации	Размер кода	Суммарная задержка	Собственный вектор	Вектор приоритетов
Скорость кодирования	1	4	1	5	3	0,089	0,089
Оценки качества	0,4	1	3	8	7	0,225	0,225
Сложность реализации	0,1	0,3	1	2	4	0,036	0,036
Размер кода	0,2	0,125	0,3	1	3	0,075	0,075
Суммарная задержка	0,3	0,7	0,4	0,3	1	0,564	0,564

Для примера в табл. 5 приведены матрицы парных сравнений речевых кодеков по отношению к скорости реализации, а также полученные по формуле (3) оценки компонент вектора приоритетов.

На основании оценок вектора приоритетов $P = (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6)$ по отношению к скорости кодирования, к качеству кодирования, к размеру кода, к сложности реализации, к сложности кодирования речи в качестве глобальных показателей в табл. 6 приведены также полученные ранжированные компоненты вектора приоритетов показателя качества P . С их использованием вычислены значения компонент глобального вектора приоритетов C , которые приведены в табл. 6.

$$C_i = PP_i \quad (5)$$

$$C_i = \sum PP_i, i=1,2,3$$

По максимальному значению компонент вектора глобальных приоритетов C (табл. 6) выбраны наилучший для сети IP-телефонный речевой кодек и соответствующие показатели качества. Таким образом, по 4-м показателям G.711, который характеризуется скоростью кодирования - 6,4 кбит/сек, качеством кодирования речи - 4,1, сложностью реализации - 7,2 MIPN, размером кода - 0,405 мб, суммарной задержкой - 30 мс.

Выводы

В данной статье рассмотрены теоретические и практические особенности применения метода анализа иерархий Саати для выбора оптимальных речевых кодеков при проектировании сетей IP-телефонии с учетом совокупности показателей качества. На примере 23 речевых кодеков серии G, которые характеризуются 5 показателями качества (скоростью кодирования, задержкой при кодировании, размером кадра, эффективностью реализации, качеством речи, построена иерархическая структура выбора. В результате анализа иерархий сформированы матрицы парных сравнений показателей качества, а также речевых кодеков. В результате обработки суждений экспертов были вычислены оценки соответствующих собственных векторов и векторы критериев для различных уровней иерархии сравнения кодеков. Эти оценки были использованы для назначения значений компонент глобального вектора приоритета. Согласно методу анализа иерархий Саати по максимальному значению компоненты глобального вектора приоритета выбран речевой кодек G.721, оптимальный с учетом введенных показателей качества.

Расчетная методика дает возможность выбрать оптимальный набор оптимальных проектных параметров с учетом совокупности показателей качества, на основе субъективных суждений экспертов. Эта методика реализована с помощью программы Microsoft Excel и может быть также использована при проектировании других сложных технических систем для выбора оптимального проектного варианта.

Литература

1. Саати Т. Л. Теория и практика метода анализа иерархий. — М.: ВУЗ-Финансы, 2003. — 200 с.
2. Терриджий В.И. Методы оптимальности в управлении. — СПб.: Издательство «Лань», 2001. — 384 с.
3. Федук В.М. Построение иерархий на этапе проектирования сложных систем. — Харьков: ХНУРЕ, 2002. — 161 с.
4. Хэдди Т., Кернс К. Анализ иерархий: проектирование сложных систем. — М.: Мир, 1991. — 224 с.



ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ИНТЕРФЕЙСА

Р. В. Мельникова

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра ПО ЗВМ

Харьковский национальный университет

радиоэлектроника

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

Контактный тел.: 8 (057) 70-21-446

E-mail: melnikova@kture.kharkov.ua

Дана робота присвячена аналізу існуючих методів, стандартів і правил проектування інтерфейсу користувача та розробці на цій основі інтерфейсу сайту факультету комп'ютерних наук ХНУРЕ.

Ключові слова: інтерфейс користувача, стандарти, кольорова схема

Данная работа посвящена анализу существующих методов, стандартов и правил проектирования интерфейса пользователя и разработке на этой основе интерфейса сайта факультета компьютерных наук ХНУРЕ.

Ключевые слова: пользовательский интерфейс, стандарты, цветовая схема

The analysis of existing methods, standards and rules of user interface designing were carried out. The development of Computer Science Faculty (KhNURE) site interface was considered.

Keywords: user interface, standards, color schemes

Введение

В современной жизни все больше людей при получении информации во всех сферах жизнедеятельности человека ищет Интернет. К интернету кабель-

ная подключается большое количество пользователей не только за рубежом, но и на Украине. Это означает, что люди освободят удобства получения различной информации, не выходя из дому. Причем сайты таких компаний и предприятий могут получить больш