Вариант 44.
№1.

$$A = \begin{bmatrix} 36 & 77 & 18 & -12 \\ 0 & -58 & 18 & 6 \\ -18 & -56 & -72 & -15 \end{bmatrix}$$

1) Согласно т. Эккарта-Янга-Мирского решение задачи аппроксимации малого ранга можно найти через SVD-разложение. Тогда

$$A_1 = A_r = \cancel{U_r \Sigma_r V_r^T} \; V_r \Sigma_r U_r^T, \quad r = 2$$

И погрешность аппроксимации

$$\|A - A_1\|_2 = \sigma_{2+1} = \sigma_3$$

2) SVD-разложение A:

$$B = AA^T = \begin{pmatrix} 7693 & -4214 & -6076 \\ -4214 & 3724 & 1862 \\ -6076 & 1862 & 8869 \end{pmatrix}$$

Собственные числа для B:

$$B - \lambda E = \begin{vmatrix} 7693-\lambda & -4214 & -6076 \\ -4214 & 3724-\lambda & 1862 \\ -6076 & 1862 & 8869-\lambda \end{vmatrix} = -(\lambda-15876)(\lambda-3969)\cdot$$

$$\cdot(\lambda-441) = 0$$

Для каждого СЧ найдём соотв. сингулярное число и составим Σ:

$$\lambda_1 = 15876 \Rightarrow \sigma_1 = 126$$
$$\lambda_2 = 3969 \Rightarrow \sigma_2 = 63$$
$$\lambda_3 = 441 \Rightarrow \sigma_3 = 21$$

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 126 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 63 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 21 & 0 \end{pmatrix}$$

и тогда $\Sigma_2 = \begin{pmatrix} 126 & 0 \\ 0 & 63 \end{pmatrix}$

Найдём собственные векторы:

СВ для λ_1: $\begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} / 3 = \begin{pmatrix} -2/3 \\ 1/3 \\ 2/3 \end{pmatrix} = V_1$

СВ для λ_2: $\begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 2 \end{pmatrix} / 3 = \begin{pmatrix} 1/3 \\ -2/3 \\ 2/3 \end{pmatrix} = V_2$

СВ для λ_3: $\begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} / 3 = \begin{pmatrix} 2/3 \\ 2/3 \\ 1/3 \end{pmatrix} = V_3$

Тогда $V = (V_1\ V_2\ V_3) = \begin{pmatrix} -2/3 & 1/3 & 2/3 \\ 1/3 & -2/3 & 2/3 \\ 2/3 & 2/3 & 1/3 \end{pmatrix}$

и тогда $V_2 = \begin{pmatrix} -2/3 & 1/3 \\ 1/3 & -2/3 \\ 2/3 & 2/3 \end{pmatrix}$

Найдём U:

$$u_1 = \frac{1}{\sigma_1} A^T V_1 = \frac{1}{126} A^T \begin{pmatrix} -2/3 \\ 1/3 \\ 2/3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2/7 \\ -6/7 \\ -3/7 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$u_2 = \frac{1}{\sigma_2} A^T V_2 = \frac{1}{63} A^T \begin{pmatrix} 1/3 \\ -2/3 \\ 2/3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 3/7 \\ -6/7 \\ -2/7 \end{pmatrix}$$

$$u_3 = \frac{1}{\sigma_3} A^T V_3 = \frac{1}{21} A^T \begin{pmatrix} 2/3 \\ 2/3 \\ 1/3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6/7 \\ -2/7 \\ 0 \\ -3/7 \end{pmatrix}$$

Необходимо дополнить (u_1, u_2, u_3) до ортонормированного базиса

Если $u_4 = (x_1\ x_2\ x_3\ x_4)^T$, то

$$\begin{cases} -(2/7)x_1 - (6/7)x_2 - (3/7)x_3 = 0 \\ (3/7)x_2 - (6/7)x_3 - (2/7)x_4 = 0 \\ (6/7)x_1 - (2/7)x_2 - (3/7)x_4 = 0 \end{cases} \Rightarrow u_4 = \begin{pmatrix} 3/7 \\ 0 \\ -2/7 \\ 6/7 \end{pmatrix}$$

Значит

$$U^T = \begin{pmatrix} -2/7 & -6/7 & -3/7 & 0 \\ 0 & 3/7 & -6/7 & -2/7 \\ 6/7 & -2/7 & 0 & -3/7 \\ 3/7 & 0 & -2/7 & 6/7 \end{pmatrix}$$

$$U_2^T = \begin{pmatrix} -2/7 & -6/7 & -3/7 & 0 \\ 0 & 3/7 & -6/7 & -2/7 \end{pmatrix}$$

Значит

$$A_1 = V_2 \Sigma U_2^T = \begin{pmatrix} -2/3 & 1/3 \\ 1/3 & -2/3 \\ 2/3 & 2/3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 126 & 0 \\ 0 & 63 \end{pmatrix} \cdot$$

$$\cdot \begin{pmatrix} -2/7 & -6/7 & -3/7 & 0 \\ 0 & 3/7 & -6/7 & -2/7 \end{pmatrix} = 3 \cdot \begin{pmatrix} 8 & 27 & 6 & -2 \\ -4 & -18 & 6 & 4 \\ -8 & -18 & -24 & -4 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 24 & 81 & 18 & -6 \\ -12 & -54 & 18 & 12 \\ -24 & -54 & -72 & -12 \end{pmatrix}$$

и тогда $\|A - A_1\|_2 = \sigma_3 = 21.$

№2.

$$A = \begin{pmatrix} 2,09 & -0,03 \\ 4,14 & -7,91 \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 2,09 \\ -3,96 \end{pmatrix}$$

$\underset{\text{округл. } A}{\hat{A}} = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 4 & -8 \end{pmatrix}$, $\underset{\text{округл. } b}{\hat{b}} = \begin{pmatrix} 2 \\ -4 \end{pmatrix}$; $\hat{A}^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & 0 \\ \frac{1}{4} & -\frac{1}{8} \end{pmatrix}$

Тогда можем найти $\hat{x}$:

$$\hat{x} = \hat{A}^{-1} \hat{b} = -\frac{1}{16} \cdot \begin{pmatrix} -8 & 0 \\ -4 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ -4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

(3) Проверим, что приближенное решение удовлетворяет $\hat{A}\hat{x} = \hat{b}$:

$\hat{A}\hat{x} = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 4 & -8 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 4-8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -4 \end{pmatrix} = \hat{b}$, всё хорошо.

Решим более честно.

$Ax = b$; для A существует обратная, и:

$\cancel{x = A^{-1}b =}$ $\cancel{A}$ $x = A^{-1}b = \begin{pmatrix} 2{,}09 & -0{,}03 \\ 4{,}14 & -7{,}91 \end{pmatrix}^{-1} \cdot$

$\cdot b = \begin{pmatrix} 0{,}483 & -0{,}002 \\ 0{,}252 & -0{,}127 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 2{,}09 \\ -3{,}96 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1{,}015 \\ 1{,}032 \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$

Из предположения, что $\delta b \ll 1$ и $\delta A \ll 1$, то

$$\delta x \le \varkappa(A)(\delta b + \delta A)$$

И из того, что $A \approx \hat{A} \Rightarrow \varkappa A \approx \varkappa \hat{A}$

Тогда для нормы $|\cdot|_1$

$$\varkappa_1 A \approx \varkappa_1 \hat{A} = \|\hat{A}\|_1 \cdot \|\hat{A}^{-1}\|_1 = \max(6, 8) \cdot$$

$$\cdot \max\left(\frac{3}{4}, \frac{1}{8}\right) = 8 \cdot \frac{3}{4} = 6$$

$$\delta_1 b = \frac{|\Delta b|_1}{|\hat{b}|_1} = \frac{\left|\begin{matrix} 2-2{,}09 \\ -4+3{,}96 \end{matrix}\right|_1}{\left|\begin{matrix} 2 \\ -4 \end{matrix}\right|_1} = \frac{\left|\begin{matrix} -0{,}09 \\ -0{,}04 \end{matrix}\right|_1}{\left|\begin{matrix} 2 \\ -4 \end{matrix}\right|} = \frac{0{,}13}{6}$$

$$\delta_1 A = \frac{\|\Delta A\|_1}{\|\hat{A}\|_1} = \frac{\left\|\begin{matrix} 2-2{,}09 & 0+0{,}03 \\ 4-4{,}14 & -8+7{,}91 \end{matrix}\right\|_1}{\left\|\begin{matrix} 2 & 0 \\ 4 & -8 \end{matrix}\right\|_1} = \frac{\left\|\begin{matrix} -0{,}09 & 0{,}03 \\ 0{,}14 & -0{,}09 \end{matrix}\right\|_1}{\left\|\begin{matrix} 2 & 0 \\ 4 & -8 \end{matrix}\right\|_1} =$$

$$= \frac{\max(0{,}23; 0{,}12)}{\max(6, 8)} = \frac{0{,}23}{8}$$

$$\delta_1 x \le \varkappa_1 A \cdot (\delta_1 b + \delta_1 A) = 6 \cdot \left(\frac{0{,}13}{6} + \frac{0{,}23}{8}\right) =$$

$$= 0{,}13 + \frac{3 \cdot 0{,}23}{4} \approx 0{,}3025$$

И для нормы $|\cdot|_2$:

$$\varkappa_2 A \approx \varkappa_2(\hat{A}) = \|\hat{A}\|_2 \cdot \|\hat{A}^{-1}\|_2 \approx \sqrt{\frac{\lambda_{max}(\hat{A}\cdot\hat{A})}{\lambda_{min}(\hat{A}\cdot\hat{A})}} =$$

$$= \sqrt{\frac{64}{4}} = \sqrt{16} = 4$$

$$\delta_2 b = \frac{|\Delta b|_2}{|\hat{b}|_2} = \frac{\left|\begin{matrix}-0,09\\-0,04\end{matrix}\right|_2}{\left|\begin{matrix}2\\-4\end{matrix}\right|_2} = \frac{\sqrt{0,09^2+0,04^2}}{\sqrt{20}} = \frac{\sqrt{0,0097}}{\sqrt{20}} =$$

$$= \frac{0,098}{4,47} = 0,022$$

$$\delta_2 = \frac{\|\Delta A\|_2}{\|\hat{A}\|_2} = \frac{\sigma_{max}(\Delta A\cdot\Delta A)}{\sigma_{max}(\hat{A}\cdot\hat{A})^2} \frac{\sqrt{0,024}}{\sqrt{64}} = \frac{\sqrt{0,024}}{8} = 0,0194$$

$$\delta_2 x \leq \varkappa_2 A \cdot (\delta_2 b + \delta_2 A) = 4\cdot(0,022+0,0194) =$$

$$= 0,1656$$

Ответ: $\delta_1 x \leq 0,3025$; $\delta_2 x \leq 0,1656$

№3.

$$\begin{cases} 2(-8+\varepsilon_1)x+3(-3+\varepsilon_2)y=2+\varepsilon_3 \\ -4x+(4+\varepsilon_1)y=-1+\varepsilon_4 \end{cases}$$

$$A=\begin{pmatrix} 2(-8+\varepsilon_1) & 3(-3+\varepsilon_2) \\ -4 & 4+\varepsilon_1 \end{pmatrix}, \quad b=\begin{pmatrix} 2+\varepsilon_3 \\ -1+\varepsilon_4 \end{pmatrix}$$

1) Т.к. $|\varepsilon_j|<0{,}05$, $j=\overline{1,4}$, то

$$\hat{A}=\begin{pmatrix} -16 & -9 \\ -4 & 4 \end{pmatrix}, \ \hat{b}=\begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix}; \ \hat{A}^{-1}=\begin{pmatrix} -\frac{1}{25} & -\frac{9}{100} \\ -\frac{1}{25} & \frac{4}{25} \end{pmatrix}$$

$$\hat{A}\hat{x}=\hat{b}$$

$$\hat{x}=\hat{A}^{-1}\hat{b}=\begin{pmatrix} 0{,}01 \\ -0{,}24 \end{pmatrix}$$ – приближённое решение

2) Найдем погрешность по норме $|\cdot|_\infty$:

$$\Delta A=\hat{A}-A=\begin{pmatrix} -2\varepsilon_1 & -3\varepsilon_2 \\ 0 & -\varepsilon_1 \end{pmatrix}$$

$$\Delta b=\hat{b}-b=\begin{pmatrix} -\varepsilon_3 \\ -\varepsilon_4 \end{pmatrix}$$

$$\delta A=\frac{\|\Delta A\|_\infty}{\|A\|_\infty}\approx\frac{\|\Delta A\|_\infty}{\|\hat{A}\|_\infty}=\frac{2|\varepsilon_1|+3|\varepsilon_2|}{25}\le\frac{5\cdot 0{,}05}{25}=\frac{0{,}05}{5}=$$

$=0{,}01$

$$\delta b=\frac{\|\Delta b\|_\infty}{\|b\|}\approx\frac{\|\Delta b\|_\infty}{\|\hat{b}\|_\infty}=\frac{|\varepsilon_3|}{2}\le\frac{0{,}05}{2}=0{,}025$$

$25\cdot\frac{5}{25}$

$$\text{æ}(A)=\|A\|_\infty\|A^{-1}\|_\infty\approx\|\hat{A}\|_\infty\|\hat{A}^{-1}\|_\infty=\cancel{25\cdot\frac{13}{100}}$$

$=\cancel{3{,}25}\ 5$

Тогда

$$\delta_x\le\frac{\text{æ}(A)}{1-\text{æ}(A)\delta A}(\delta b+\delta A)=\frac{\cancel{3{,}25}\ 5}{1-\cancel{3{,}25}\ 5\cdot 0{,}01}\cdot(0{,}025+0{,}01)=$$

6

$$= \frac{\cancel{8,775}\,5}{1-\cancel{0,0325}\ 0,05}\cdot(0,035) = 0,\cancel{118}\,1842$$

2) Найдем погрешность по норме $|\cdot|_2$:

$$\delta_A = \frac{\|\Delta A\|_2}{\|A\|_2} \approx \frac{\|\Delta A\|_2}{\|\hat{A}\|_2} = \frac{\sqrt{\lambda max(\Delta A\cdot\Delta A)}}{\sqrt{\lambda max(\hat{A}\cdot\hat{A})}} = \frac{2|\varepsilon_1|}{17,662} \le$$

$$\le \frac{2\cdot 0,05}{17,662} = 0,0057$$

$$\delta_B = \frac{\|\Delta b\|_2}{\|b\|_2} = \frac{\|\Delta b\|_2}{\|\hat{b}\|_2} = \frac{\sqrt{\varepsilon_3^2+\varepsilon_4^2}}{\sqrt{5}} \le \frac{\sqrt{2}\cdot 0,05}{\sqrt{5}} = 0,03\cancel{2}16$$

$$\text{æ}A = \|A\|_2\cdot\|A^{-1}\|_2 = \|\hat{A}\|_2\cdot\|\hat{A}^{-1}\|_2 = \sqrt{\frac{\lambda max(\hat{A}\cdot\hat{A})}{\lambda min(\hat{A}\cdot\hat{A})}} =$$

$$= 3,1194$$

$$\delta_x \le \frac{\text{æ}A}{1-\text{æ}A\,\delta A}(\delta B+\delta A) = \frac{3,1194}{1-3,1194\cdot 0,0057}\cdot(0,0316+0,0057)$$

$$= 0,1185$$

Ответ: $\hat{x} = \begin{pmatrix} 0,01 \\ -0,24 \end{pmatrix}$; δ по норме $|\cdot|_\infty$: $\delta_x \le \cancel{0,118}\ 0,1842$

δ по норме $|\cdot|_2$: $\delta_x \le 0,1185$

7

5 4.

$$A \approx \begin{pmatrix} 1 & -4 \\ -9 & 6 \end{pmatrix}$$

По ус-ю $\Delta A = \begin{pmatrix} 0{,}01 & 0{,}01 \\ 0{,}01 & 0{,}01 \end{pmatrix}$

Предположим, что $\delta A \ll 1$. Тогда приближенная обратная матрица равна A^{-1}, а погрешность приближения: $\delta A^{-1} \le \varkappa(A)\, \delta A$

$$A^{-1} = \frac{1}{-30} \cdot \begin{pmatrix} 6 & 4 \\ 9 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{5} & -\frac{2}{15} \\ -\frac{3}{10} & -\frac{1}{30} \end{pmatrix}$$

$$\delta_1 A = \frac{\|\Delta A\|_1}{\|\hat{A}\|_1} = \frac{\left\| \begin{matrix} 0{,}01 & 0{,}01 \\ 0{,}01 & 0{,}01 \end{matrix} \right\|_1}{\|\hat{A}\|_1} = \frac{0{,}02}{10} =$$

$$= 0{,}002$$

$$\varkappa(A) = \|A\|_1 \cdot \|A^{-1}\|_1 = \|\hat{A}\|_1 \cdot \|\hat{A}^{-1}\|_1 = 10 \cdot \frac{1}{2} = 5$$

$$\delta A^{-1} \le \varkappa(A) \cdot \delta_1 A = 5 \cdot 0{,}002 = 0{,}01$$

Ответ: $\delta A^{-1} \le 0{,}01$; $A^{-1} \approx \begin{pmatrix} -\frac{1}{5} & -\frac{2}{15} \\ -\frac{3}{10} & -\frac{1}{30} \end{pmatrix}$

№5.

$$\begin{cases} 27x + 1y + 8z = 4 \\ 8x + 25y + 8z = 5 \\ 3x + 2y + 23z = 4 \end{cases} \qquad \begin{cases} 27x = 4 - y - 8z \\ 25y = 5 - 8x - 8z \\ 23z = 4 - 3x - 2y \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = \frac{4}{27} - \frac{1}{27}y - \frac{8}{27}z \\ y = \frac{1}{5} - \frac{8}{25}x - \frac{8}{25}z \\ z = \frac{4}{23} - \frac{3}{23}x - \frac{2}{23}z \end{cases}$$

Тогда $P = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{1}{27} & -\frac{8}{27} \\ -\frac{8}{25} & 0 & -\frac{8}{25} \\ -\frac{3}{23} & -\frac{2}{23} & 0 \end{pmatrix}$, $C = \begin{pmatrix} \frac{4}{27} \\ \frac{1}{5} \\ \frac{4}{23} \end{pmatrix}$

и $x = Px + C$; тогда $X^{k+1} = PX^k + C$

Далее был написан код на Python, который показал, что на $5^{\text{ой}}$ итерации была достигнута точность по каждой координате 0,01, и приближенное решение:

$$X = \begin{pmatrix} 0,0978 \\ 0,1175 \\ 0,1493 \end{pmatrix} \leftarrow \text{Ответ: } n = 5$$

На итерации $n = 50$ разница ~~тех~~ $|X^5 - X^{50}| \le 0,003$

№6.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \qquad \alpha = 1-\beta = 0,85$$

Найдем матрицу вероятностей $P = \dfrac{a_{ij}}{\sum\limits_t a_{tj}}$

$$P = \begin{bmatrix} 1/4 & 1/4 & 0 & 1/4 & 0 \\ 0 & 0 & 1/3 & 1/4 & 0 \\ 1/4 & 1/4 & 1/3 & 1/4 & 0 \\ 1/4 & 1/4 & 1/3 & 0 & 0 \\ 1/4 & 1/4 & 0 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

Найдем новую м-цу вероятностей с учётом коэфф-ов затухания по формуле:

$$Q = \alpha P + \frac{\beta}{n} O, \text{ где } O = (1)_{n\times n}$$

$$Q = 0,85P + \frac{0,15}{5} \cdot (1)_{5\times 5} =$$

$$= \begin{pmatrix} 0,2425 & 0,2425 & 0,03 & 0,2425 & 0,03 \\ 0,03 & 0,03 & 0,31(3) & 0,2425 & 0,03 \\ 0,2425 & 0,2425 & 0,31(3) & 0,2425 & 0,03 \\ 0,2425 & 0,2425 & 0,31(3) & 0,03 & 0,03 \\ 0,2425 & 0,2425 & 0,03 & 0,2425 & 0,88 \end{pmatrix}$$

Тогда применим итерационный метод решения СЛАУ и посмотрим, к чему стремятся вероятности страниц; в качестве начального вектора возьмем равновероятный $x = \left(\frac{1}{5}\ \frac{1}{5}\ \frac{1}{5}\ \frac{1}{5}\ \frac{1}{5}\right)$, и после 500 операций вида $x = Qx$ получим

$$x = (0,0894;\ 0,0872;\ 0,1247;\ 0,1029;\ 0,5959)$$

Таким образом, самая влиятельная вершина –

пятая. В целом, это было интуитивно понятно по 5-ому столбцу A, но мы это ещё и доказали!

Ответ: 5.

№7.

$$A = \begin{pmatrix} -6 & 5 & 3 \\ -2 & 3 & 2 \\ -29 & 19 & 10 \end{pmatrix}$$

Найти $f(A)$ для $f(\ell) = e^{\ell+2}$

Если $J = C^{-1}AC$ – Жорданова форма м-цы A, то $f(A) = f(CJC^{-1}) = Cf(J)C^{-1}$

Тогда найдём Жорданову форму:

$$C = \begin{pmatrix} -1 & -2 & 1 \\ -2 & -3 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}, \quad J = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{pmatrix}, \quad C^{-1} = \begin{pmatrix} 6 & -4 & -1 \\ -5 & 3 & 1 \\ -3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Тогда $f(J) = e^{J+2I} = e^{\begin{pmatrix} 3 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 7 \end{pmatrix}} =$

$$= \begin{pmatrix} e^3 & 1\cdot e^3 & 0 \\ 0 & e^3 & 0 \\ 0 & 0 & e^7 \end{pmatrix}$$

(по формуле: $J = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 1 & 0 \\ 0 & \lambda_1 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_2 \end{pmatrix} \Rightarrow e^{tJ} = \begin{pmatrix} e^{\lambda_1 t} & t\cdot e^{\lambda_1 t} & 0 \\ 0 & e^{\lambda_1 t} & 0 \\ 0 & 0 & e^{\lambda_2 t} \end{pmatrix}$)

и тогда

$$f(A) = Cf(J)C^{-1} = \begin{pmatrix} -1 & -2 & 1 \\ -2 & -3 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} e^3 & e^3 & 0 \\ 0 & e^3 & 0 \\ 0 & 0 & e^7 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 6 & -4 & -1 \\ -5 & 3 & 1 \\ -3 & 2 & 1 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} -3109.13 & 2092.84 & 1056.46 \\ -3028.79 & 2052.67 & 1036.38 \\ -6559.71 & 4366.45 & 2193.27 \end{pmatrix} \text{ – Ответ.}$$