一、填空题

1、若矩阵A为正交矩阵，且$|A|>0$，则$|A|=$ 1；

2、已知四阶实对称矩阵A的特征值分别为1,2,2,4，则矩阵 $A-2E$ 的秩等于 2；

3、若$\alpha_1=(1,\ 2,\ 1)^T$，$\alpha_2=(2,\ 3,\ 4)^T$，$\alpha_3=(3,\ 4,\ \lambda)^T$为$\Re^3$空间中的一组基，则λ的取值应满足 $\lambda \neq 7$；

4、向量组$\alpha_1=(1,\ 1,\ 1)^T$，$\alpha_2=(0,\ 2,\ 5)^T$，$\alpha_3=(2,\ 4,\ 7)^T$是线性相 相 关的；

5、已知非齐次线性方程组$\begin{cases}\lambda x_1+x_2+x_3=1\\ x_1+\lambda x_2+x_3=\lambda\\ x_1+x_2+\lambda x_3=\lambda^2\end{cases}$有唯一解，则λ满足 $\lambda \neq 1$ 且 $\lambda \neq -2$

二、选择题

1、向量$\beta=(5,\ 0,\ 7)^T$在基$\alpha_1=(1,-1,\ 0)^T$，$\alpha_2=(2,\ 1,\ 3)^T$，$\alpha_3=(3,\ 1,\ 2)^T$下的坐标为（ C ）；

（A）$(0,\ 1,\ 1)^T$　　（B）$(2,-1,\ 1)^T$

（C）$(2,\ 3,\ -1)^T$　　（D）$(5,-2,\ 2)^T$

2、已知矩阵$A_{5\times4}$的秩为4，则下列说法不正确的是（ D ）

（A）方程组$AX=0$仅有零解

（B）矩阵A的行向量组一定线性相关

（C）矩阵A的列向量组一定线性无关

（D）矩阵A的行向量组中任意4个向量一定线性无关

3、已知矩阵$A=\begin{pmatrix}-2 & 1 & \lambda\\ 0 & 2 & 0\\ -4 & 1 & 3\end{pmatrix}$相似于对角矩阵$\Lambda=\mathrm{diag}(-1,\ 2,\ 2)$，则$\lambda=$（ A ）；

（A） 1　　（B） 2　　（C） −2　　（D） −1

4、已知A，B均为n阶方阵，则下列说法正确的是（ D ）；

（A）若$R(A)=R(B)$，则A与B相似　　（B）若A与B具有相同的特征值，则A与B相似

（C）若 A,B 为正定矩阵，则 AB 也为正定矩阵　　（D）若$|A|=|B|\neq 0$，则A与B等价

5、n阶方阵A具有n个互不相同的特征值是A与对角矩阵相似的（ B ）；

（A）充要条件　　（B）充分而非必要条件

（C）必要而非充分条件　　（D）既非充分也非必要条件

三、计算题

1、讨论向量 $\beta=(1,\ 0,\ 3,\ 1)^T$ 能否经向量组 $\alpha_1=(1,\ 1,\ 2,\ 2)^T$，$\alpha_2=(1,\ 2,\ 1,\ 3)^T$，$\alpha_3=(1,\ -1,\ 4,\ 0)^T$线性表示。

解：即判断线性方程 $x_1\alpha_1+x_2\alpha_2+x_3\alpha_3=\beta$ 是否有解.

$$B=\begin{pmatrix}1&1&1&1\\1&2&-1&0\\2&1&4&3\\2&3&0&1\end{pmatrix}\xrightarrow{r}\begin{pmatrix}1&1&1&1\\0&1&-2&-1\\0&-1&2&1\\0&2&-4&-2\end{pmatrix}\to\begin{pmatrix}1&1&1&1\\0&1&-2&-1\\0&0&0&0\\0&0&0&0\end{pmatrix}$$

$\therefore R(A)=R(B)=2$，β能经$\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3$线性表示

2、已知向量空间R^3中的两组基分别为（I）$\alpha_1=(1,\ 0,\ 0)^T$，$\alpha_2=(1,\ 1,\ 0)^T$，$\alpha_3=(1,\ 1,\ 1)^T$，和（II）$\beta_1=(1,\ 2,\ 1)^T$，$\beta_2=(2,\ 3,\ 3)^T$，$\beta_3=(3,\ 7,\ 1)^T$，试求由基（I）到基（II）的过渡矩阵；

解：$(\beta_1,\beta_2,\beta_3)=(\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3)\cdot P$

$\therefore P=(\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3)^{-1}\cdot(\beta_1,\beta_2,\beta_3)$

$$\begin{pmatrix}1&1&1&1&2&3\\0&1&1&2&3&7\\0&0&1&1&3&1\end{pmatrix}\xrightarrow{r}\begin{pmatrix}1&1&0&0&-1&2\\0&1&0&1&0&6\\0&0&1&1&3&1\end{pmatrix}$$

$$\to\begin{pmatrix}1&0&0&-1&-1&-4\\0&1&0&1&0&6\\0&0&1&1&3&1\end{pmatrix}$$

$$\therefore P=\begin{pmatrix}-1&-1&-4\\1&0&6\\1&3&1\end{pmatrix}$$

3、试求线性方程组$\begin{cases}x_1-x_2-x_3+x_4=0\\x_1-x_2+x_3-3x_4=0\\x_1-x_2-2x_3+3x_4=0\end{cases}$的解空间的一组基和维数；

解：
$$\begin{pmatrix}1&-1&-1&1\\1&-1&1&-3\\1&-1&-2&3\end{pmatrix}\to\begin{pmatrix}1&-1&-1&1\\0&0&2&-4\\0&0&-1&2\end{pmatrix}\to\begin{pmatrix}1&-1&-1&1\\0&0&1&-2\\0&0&0&0\end{pmatrix}$$

$$\to\begin{pmatrix}1&-1&0&-1\\0&0&1&-2\\0&0&0&0\end{pmatrix}$$

$$\therefore X=\begin{pmatrix}1\\1\\0\\0\end{pmatrix}t_1+\begin{pmatrix}1\\0\\2\\1\end{pmatrix}t_2$$

$\therefore$ 解空间的一组基为

$\alpha_1=(1,1,0,0)^T$，$\alpha_2=(1,0,2,1)$

维数为2

4、已知三维向量$\alpha_1=(1,\ 1,\ 1)^T$，$\alpha_2=(1,\ -2,\ 1)^T$正交，试求一非零向量α_3，使得α_1，α_2，α_3两两正交；

解 设 $\alpha_3=(x_1,x_2,x_3)^T$，则由题意知

$$\begin{cases}x_1+x_2+x_3=0\\x_1-2x_2+x_3=0\end{cases}$$

解之得. $X=\begin{pmatrix}-1\\0\\1\end{pmatrix}t$

取 $\alpha_3=(-1,0,1)^T$

1、设矩阵$A=\begin{pmatrix}2&-1&-1&1&2\\1&1&-2&1&4\\4&-6&2&-2&4\\3&6&-9&7&9\end{pmatrix}$，求矩阵A的列向量组的秩和它的一个最大线性无关组。

解：$A\sim\begin{pmatrix}1&1&-2&1&4\\2&-1&-1&1&2\\4&-6&2&-2&4\\3&6&-9&7&9\end{pmatrix}\to\begin{pmatrix}1&1&-2&1&4\\0&1&-1&3&-6\\0&0&0&7&3\\0&0&0&0&-9\end{pmatrix}$

$\therefore R(A)=\cancel{4}$ R(A) = 3

$\therefore \alpha_1,\alpha_2\alpha_4\ \cancel{\alpha_5}$ 为一个最大线性无关组.

2、判断二次型$f(x_1,x_2,x_3)=x_1^2+3x_2^2+9x_3^2-2x_1x_2+4x_1x_3$的正定性。

解 $A=\begin{pmatrix}1&-1&2\\-1&3&0\\2&0&9\end{pmatrix}$

$D_1=1>0$

$D_2=\begin{vmatrix}1&-1\\-1&3\end{vmatrix}=2>0$

$D_3=\begin{vmatrix}1&-1&2\\-1&3&0\\2&0&9\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}1&-1&2\\0&2&2\\0&2&5\end{vmatrix}\neq0$

∴二次型不定

3、已知3阶矩阵A的特征值为$\lambda_1=2,\ \lambda_2=-2,\ \lambda_3=1$，对应的特征向量依次为$\xi_1=(0\ \ 1\ \ 1)^T,\ \xi_2=(1\ \ 1\ \ 1)^T,\ \xi_3=(1\ \ 1\ \ 0)^T$，试求矩阵A：

解：∵存在3个互不相同特征值 ∴A可对角化

即 $P^{-1}AP=\Lambda$，其中$P=(\xi_1,\xi_2,\xi_3)$，$\Lambda=diag(2,-2,1)$.

$\therefore A=P\Lambda P^{-1}$ 代入求解可得

$A=\begin{pmatrix}-2&3&-3\\-4&5&-3\\-4&4&-2\end{pmatrix}$

4、设矩阵$A=\begin{pmatrix}0&0&1\\1&1&\lambda\\1&0&0\end{pmatrix}$，问λ为何值时，矩阵A能对角化。

解：$|A-\alpha E|=\begin{vmatrix}-\alpha&0&1\\1&1-\alpha&\lambda\\1&0&-\alpha\end{vmatrix}=(1-\alpha)(\alpha-1)(\alpha+1)=0$

$\Rightarrow \alpha_1=\alpha_2=1,\ \alpha_3=-1$

当$\alpha=1$时

$A-E=\begin{pmatrix}-1&0&1\\1&0&\lambda\\1&0&-1\end{pmatrix}\to\begin{pmatrix}-1&0&1\\0&0&\lambda+1\\0&0&0\end{pmatrix}$

当$R(A-E)=1$时，即$\lambda=-1$时，A可对角化

五、试求解下列试题

求一个正交变换 $X=QY$，把实二次型

$f(x_1,x_2,x_3)=x_1^2+x_2^2+x_3^2+4x_1x_2+4x_1x_3+4x_2x_3$ 化为标准型，并写出正交变换。

解：$A=\begin{pmatrix}1&2&2\\2&1&2\\2&2&1\end{pmatrix}$

$|A-\lambda E|=\begin{vmatrix}1-\lambda&2&2\\2&1-\lambda&2\\2&2&1-\lambda\end{vmatrix}=(5-\lambda)\begin{vmatrix}1&2&2\\1&1-\lambda&2\\1&2&1-\lambda\end{vmatrix}=0$

$\therefore \lambda_1=\lambda_2=-1,\ \lambda_3=5$

当 $\lambda_1=\lambda_2=-1$ 时.

$A+E=\begin{pmatrix}2&2&2\\2&2&2\\2&2&2\end{pmatrix}\to\begin{pmatrix}1&1&1\\0&0&0\\0&0&0\end{pmatrix}$

$\therefore \xi_1=(-1,1,0)^T,\ \xi_2=(-1,0,1)^T$

正交化得 $\beta_1=(-1,1,0)^T,\ \beta_2=(1,1,-2)^T$

单位化得 $\eta_1=\frac{1}{\sqrt{2}}(-1,1,0)^T,\ \eta_2=\frac{1}{\sqrt{6}}(1,1,-2)^T$

当 $\lambda_3=5$ 时 $A-5E=\begin{pmatrix}-4&2&2\\2&-4&2\\2&2&-4\end{pmatrix}\to\begin{pmatrix}1&1&-2\\0&-3&3\\0&3&-3\end{pmatrix}\to\begin{pmatrix}1&0&-1\\0&1&-1\\0&0&0\end{pmatrix}$

$\therefore \xi_3=(1,1,1)^T$

单位化 $\eta_3=\frac{1}{\sqrt{3}}(1,1,1)^T$

$\therefore Q=(\eta_1,\eta_2,\eta_3)$

$f(y)=-y_1^2-y_2^2+5y_3^2$

六、证明题

设 λ_1，λ_2 是矩阵 A 的两个不同的特征值，其对应的特征向量分别为 α_1，α_2，试证明向量 $\beta=\alpha_1+\alpha_2$ 不是矩阵 A 的特征向量。

证明：反证法。假设 β 是矩阵 A 的特征向量，

不妨设 β 所对应的特征值为 λ，则有

$A\cdot\beta=\lambda\beta$

$\therefore A(\alpha_1+\alpha_2)=\lambda(\alpha_1+\alpha_2)=A\alpha_1+A\alpha_2$

又 $\because A\alpha_1=\lambda_1\alpha_1,\ A\alpha_2=\lambda_2\alpha_2$

$\therefore \lambda_1\alpha_1+\lambda_2\alpha_2=\lambda\alpha_1+\lambda\alpha_2$

$\therefore (\lambda_1-\lambda)\alpha_1+(\lambda_2-\lambda)\alpha_2=0$

$\because \alpha_1,\alpha_2$ 线性无关

$\therefore \lambda_1=\lambda_2=\lambda$，与题意矛盾