



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE, INFORMATICA E STATISTICA**

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
DELL'INFORMAZIONE**

**SEZIONE A**

**PROVA PRATICA  
INGEGNERIA INFORMATICA**

**TRACCIA 1**

Il cliente Y richiede lo sviluppo di un'applicazione per l'analisi dei dati provenienti dai sensori di una rete distribuita.

L'applicazione dovrà supportare l'elaborazione e l'analisi dei dati in tempo reale e fornire strumenti per la visualizzazione dei risultati.

L'applicazione verrà utilizzata da:

- Analisti di dati
- Amministratori di sistema
- Manager delle operazioni

Il cliente Y richiede che in una prima versione dell'applicazione siano realizzate le seguenti funzionalità:

- Acquisizione dei dati: tramite questa funzionalità, i dati provenienti dai sensori devono essere raccolti in tempo reale e immagazzinati in un sistema di storage distribuito.
- Elaborazione dei dati: tramite questa funzionalità, i dati raccolti devono essere elaborati utilizzando algoritmi di calcolo parallelo per estrarre informazioni rilevanti.
- Visualizzazione dei risultati: tramite questa funzionalità, i risultati delle analisi devono essere visualizzati in un'interfaccia web, con grafici e report interattivi.
- Sistema di alert: tramite questa funzionalità, il sistema deve inviare notifiche agli amministratori in caso di anomalie nei dati raccolti.

- Gestione dei permessi: tramite questa funzionalità, gli utenti devono poter gestire i permessi di accesso ai dati e alle funzionalità dell'applicazione.

Sulla base delle specifiche di cui sopra si richiede di:

1. Produrre il diagramma UML dei casi d'uso dell'applicazione.
2. Disegnare l'architettura del sistema, isolandone i vari componenti e dettagliando la loro funzione. Discutere le strategie di deployment considerando l'uso di cluster di calcolo e sistemi di storage distribuiti.
3. Produrre una serie di diagrammi UML (es. sequence, activity, state) che documentino le funzionalità del sistema e l'interazione tra i vari moduli software.
4. Discutere almeno una tecnica di parallelizzazione e una tecnologia che potrebbe essere impiegata per l'elaborazione dei dati (es. MapReduce, Apache Spark).
5. Realizzare lo schema concettuale della base di dati necessaria alla realizzazione del sistema di storage distribuito.
6. Considerare almeno due requisiti non funzionali (es. scalabilità, tolleranza ai guasti) e discutere una possibile strategia per il soddisfacimento di tali requisiti.

Per tutto quanto non specificato nel testo, il candidato formuli e giustifichi opportune ipotesi e svolga la prova sulla base di queste.



**FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE, INFORMATICA E STATISTICA  
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
DELL'INFORMAZIONE**

**SEZIONE A**

**PROVA PRATICA  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ROBOTICS**

**Tema 1**

Si vuole realizzare un sistema di riconoscimento delle immagini utilizzando reti neurali artificiali. Il sistema deve essere in grado di classificare immagini in diverse categorie (ad es., animali, veicoli, oggetti, persone) con un alto grado di accuratezza.

Il sistema dovrà offrire le seguenti funzionalità:

- Acquisizione delle immagini: il sistema deve essere in grado di acquisire immagini da diverse fonti (ad es., fotocamere, smartphone, database di immagini).
- Preprocessing delle immagini: le immagini devono essere preprocessate per migliorare la qualità e ridurre il rumore.
- Addestramento del modello: il sistema deve utilizzare reti neurali artificiali per addestrare un modello di classificazione delle immagini.
- Classificazione delle immagini: il sistema deve essere in grado di classificare nuove immagini utilizzando il modello addestrato.
- Valutazione delle prestazioni: il sistema deve fornire strumenti per valutare l'accuratezza e le prestazioni del modello di classificazione.
- Interfaccia utente: un'interfaccia grafica per caricare immagini, visualizzare i risultati della classificazione e monitorare il processo di addestramento.

Si chiede al candidato di progettare il sistema sopra descritto, mostrando:

- i principali casi d'uso;
- uno schema architetturale che includa una descrizione logica dei componenti hardware utilizzati (GPU, server di elaborazione), dei principali moduli software (acquisizione immagini, preprocessing, addestramento, classificazione) e di come essi comunichino;
- la tecnologia scelta per ciascuno dei moduli sopra indicati, inclusi i framework e le librerie per le reti neurali (ad es., TensorFlow, PyTorch);

- i documenti di progetto (diagrammi UML), opportunamente commentati;
- le problematiche peculiari riguardanti lo sviluppo e la messa in esercizio di un tale sistema (ad es. disponibilità di dataset di addestramento, overfitting, tempi di addestramento).

Per tutto quanto non specificato nel testo, il candidato formuli e giustifichi opportune ipotesi e svolga la prova sulla base di queste.

## FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE, INFORMATICA E STATISTICA

### ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE

#### SEZIONE A

#### PROVA PRATICA INGEGNERIA GESTIONALE

#### TRACCIA 1

L'impresa *Mumford and Sons* sta progettando il lancio di una nuova famiglia di prodotti, e si è rivolta alla società di consulenza *Più progetti per tutti S.r.l.* per la pianificazione e gestione delle funzioni di PMO associate a questa iniziativa.

Si discuta l'importanza strategica della gestione di un Portafoglio progetti in merito al lancio e gestione di una famiglia di prodotti, illustrando anche le varie tipologie di progetti possibili (es: progetti sviluppo piattaforma, progetti derivative).

Una volta che l'accordo tra le due imprese viene ratificato, la *Mumford and Sons* chiede alla *Più progetti per tutti S.r.l.* di avviare la pianificazione delle attività del primo progetto pilota che porterà al lancio del primo prodotto della linea.

A seguito di una prima riunione preliminare, vengono identificate le attività riportate di seguito; per ogni attività viene stimato un budget di base, vengono identificate delle relazioni di precedenza (una attività non può essere avviata se la precedente non è stata conclusa), oltre a delle stime di durata ottimistica, pessimistica e più probabile.

Si determini la probabilità che il progetto venga concluso entro il termine previsto di 105 giorni, utilizzando il metodo PERT.

Attività	Precedenza	Budget	Durata ottimistica	Durata più probabile	Durata pessimistica
A	-	3.200 €	2	9	10
B	A	6.000 €	8	11	20
C	A	15.000 €	15	26	31
D	B	15.000 €	16	31	40
E	B, C	6.000 €	2	5	8
F	C	15.500 €	3	4	5
G	E, F	6.300 €	1	3	11
H	D, E	8.400 €	14	20	32
I	G, H	11.000 €	20	22	24
L	H	12.000 €	2	32	50

In fase di avvio di progetto, la *Mumford and Sons* chiede alla *Più progetti per tutti S.r.l.* di presentare l'offerta per il progetto. Il management della *Più progetti per tutti S.r.l.* vi chiede di considerare un margine lordo del 18% sui costi di progetto. Si calcoli l'offerta presentata al cliente.

In risposta alla vostra offerta, giudicata esosa, la *Mumford and Sons* aggiunge una nuova richiesta di completamento del progetto entro 95 giorni, introducendo una penale pari a 500 € per ogni giorno di ritardo sulla consegna.

Si illustri il metodo di compressione (crashing) della durata di progetto, applicandolo al progetto considerato, tenendo conto dei costi aggiuntivi riportati nella tabella seguente. Si ragioni anche sulla eventuale convenienza economica della soluzione trovata.

Attività	Durata minima in caso di crashing	Budget	Budget Massimo in caso di crashing
A	6	3.200 €	4.000 €

B	10	6.000 €	7.000 €
C	20	15.000 €	20.000 €
D	28	15.000 €	16.000 €
E	5	6.000 €	6.000 €
F	4	15.500 €	15.500 €
G	2	6.300 €	9.000 €
H	20	8.400 €	8.850 €
I	20	11.000 €	12.000 €
L	27	12.000 €	12.900 €
TOT		98.400 €	111.250 €

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.6	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.7	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.8	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE, INFORMATICA E  
STATISTICA**

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE**

**I SESSIONE – LUGLIO 2024**

**SEZIONE A**

**PROVA PRATICA**

**INGEGNERIA DELL'AUTOMAZIONE – LM25**

**TRACCIA 1**

Si consideri il seguente modello lineare a tempo discreto rappresentativo, in forma semplificata, dell'algoritmo PageRank, che decide l'ordine in cui presentare all'utente l'elenco dei riferimenti (o link) alle pagine web trovate dal motore di ricerca:

$$x(k+1) = Ax(k), \quad (1)$$

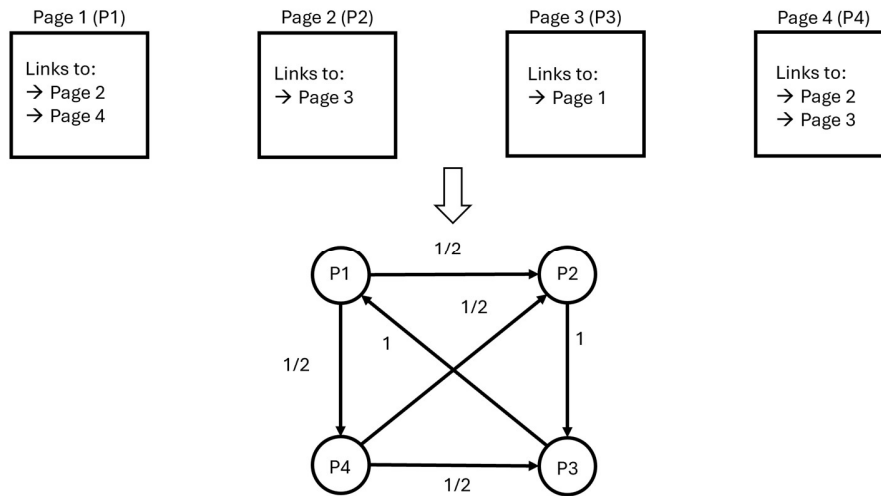
dove  $k$  rappresenta l'evento con cui l'utente cliccando sul link (o collegamento ipertestuale) si sposta da una pagina all'altra,  $x_i(k)$  rappresenta la probabilità che l'utente si trovi nella pagina  $i$ -esima all'esito del clic  $k$ -esimo, e gli elementi della matrice  $A$  sono così assegnati:

$$\begin{cases} a_{ji} = \pi_{ij}, & i \neq j, \\ a_{ii} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Sia  $L_i$  il numero totale dei link dalla pagina web  $i$ -esima ad altre possibili pagine web; si denota dunque con  $\pi_{ij}$  la probabilità che l'utente si sposti dalla pagina  $i$  alla pagina  $j$ , definita come segue:

$$\pi_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{L_i}, & \text{se } \exists \text{ link da } i \text{ a } j \\ 0, & \text{se } \nexists \text{ link da } i \text{ a } j. \end{cases}$$

Si assuma che la navigazione dell'utente sia caratterizzata dalla topologia illustrata in Fig. 1. Nel grafo risultante i nodi rappresentano le pagine e gli archi sono i link uscenti da esse: gli archi in particolare sono pesati con la probabilità di transizione dalla pagina  $i$ -esima alla pagina  $j$ -esima.



*Figura 1*

Pertanto, per il modello nella forma (1) rappresentativo del PageRank sulla topologia illustrata in Fig. 1 si possono calcolare le componenti della matrice dinamica  $A$  seguendo la formula (2), i.e.,  $a_{11} = 0, a_{21} = \pi_{12}, a_{12} = 0$ , etc.

Data la matrice  $A$  risultante, si risponda ai seguenti quesiti.

1. Valutare la stabilità del sistema espresso nella forma (1).
2. Si può dimostrare che l'equilibrio  $x^*$  del sistema, calcolabile come  $x^* = Ax^* \Rightarrow (I - A)x^* = 0$ , determina il ranking delle pagine di rete: in altri termini, disponendo in ordine decrescente i valori delle componenti del vettore di equilibrio, si ottiene esattamente l'ordine in cui il motore di ricerca restituirà le pagine all'utente al momento della ricerca. Per esempio, se risultasse dal calcolo dell'equilibrio  $x^* = (x_1^* \ x_2^* \ x_3^* \ x_4^*)^T$  che  $x_1^* > x_3^* > x_2^* > x_4^*$ , allora il ranking delle pagine web sarebbe il seguente: (i) pagina 1; (ii) pagina 3; (iii) pagina 2; (iv) pagina 4.

Poste queste premesse, si calcoli il ranking delle pagine web per la topologia riportata in Fig. 1. Per il calcolo della soluzione, oltre al calcolo dell'equilibrio  $x^* = (x_1^* \ x_2^* \ x_3^* \ x_4^*)^T$ , si ricordi di applicare il vincolo per cui la somma delle probabilità che l'utente si trovi nelle diverse pagine deve essere ovviamente pari a 1.





**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE, INFORMATICA E STATISTICA  
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
DELL'INFORMAZIONE**

**SEZIONE A**

**PROVA PRATICA  
BIOINGEGNERIA**

**TRACCIA 1**

Il candidato descriva dettagliatamente le caratteristiche, i principi di funzionamento e le modalità operative di una (e solo di una) delle seguenti apparecchiature biomediche:

Ecografo, EEG, ECG, EMG, Impedenziometro, RMN, TAC