

# دانشگاه تهران – دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

## درس علم داده: تمرین نهایی جامع (نسخه حرفه‌ای توسعه‌یافته)

تیم درس علم داده – بهار ۱۴۰۴

ویرایش ۰.

عنوان پژوهش: تحلیل مهاجرت جهانی استعدادهای فنی با رویکرد داده محور  
داده اصلی: GlobalTechTalent\_50k.csv (۵۰،۰۰۰ رکورد)  
مسئله اصلی: پیش‌بینی Migration\_Status (۰ = مهاجرت، ۱ = عدم مهاجرت)

### (۱) هدف آموزشی و فلسفه ارزیابی

این تمرین نهایی برای سنجش همزمان درک ریاضی، پیاده‌سازی مهندسی، تحلیل انتقادی، و گزارش‌نویسی حرفه‌ای طراحی شده است. انتظار می‌رود دانشجو در این پژوهش نشان دهد که می‌تواند:

• مسئله واقعی را به یک مسئله داده محور قابل ارزیابی تبدیل کند؛

• از داده خام تا استقرار پیشنهادی، یک خط لوله کامل و بازنویلیدپذیر بسازد؛

• از مدل‌های ساده تا مدل‌های غیرخطی/پیشرفته را با استدلال علمی مقایسه کند؛

• با روش‌های XAI و تحلیل عدالت، خروجی مدل را قابل حسابرسی نماید.

### (۲) اقلام تحولی الزامی

۱. نوتبوک اصلی پژوهش با ساختار Q1 تا Q20 و بخش Capstone.

۲. گزارش نهایی (حداکثر ۲۵ صفحه بدون پیوست) شامل شکل‌ها، جدول‌ها، تفسیرها و محدودیت‌ها.

۳. بسته کد شامل اسکریپت‌های قابل اجرا، فایل وابستگی‌ها، و راهنمای اجرای کامل.

۴. پاسخنامه تشریحی برای همه سوالات (فرمول، استدلال، خروجی).

۵. خلاصه مدیریتی ۱ تا ۲ صفحه برای مخاطب غیرتخصصی.

حداقل استاندارد فنی:

• ثبت random seed در تمام بخش‌های تصادفی.

• تقسیم شفاف train/validation/test.

• کنترل صریح نشت داده و نشت زمانی.

• ثبت نسخه کتابخانه‌ها و محیط اجرا.

• توان بازنویلید نتایج صرفاً با اجرای دستورات اعلام شده.

### (۳) ساختار نمره‌دهی (۲۶۰ نمره)

نمره	حوزه مهارتی	بلوک
۲۰	مبانی: چرخه عمر علم داده، عملیات پایتونی، EDA	A
۲۰	استباط آماری، طراحی بصری و روایت داده	B
۲۵	SQL پیشرفت و مهندسی داده در مقیاس	C
۴۵	مدل‌سازی نظرات‌شده و بهینه‌سازی	D
۲۰	یادگیری بدون نظارت و کاهش بُعد	E
۳۰	یادگیری عمیق، NLP، مدل‌های زبانی/عامل‌ها	F
۱۵	عدالت، سوگیری، حاکمیت و استقرار مسنولانه	G
۲۵	کپسون یکپارچه (پیدامه‌سازی + تبیین + گزارش)	H
۶۰	توسعه حرفه‌ای پایش تولید و تحلیل‌های پیشرفت (Q15-Q20)	I
۲۰+	افزونه‌های پژوهشی/تولیدی پیشرفت	(Bonus) J
۲۶۰		جمع بلوک‌های اصلی امتیاز تشویقی
۲۰+		

### (۴) صورت سوال توسعه‌یافته

#### بلوک A – مبانی (۲۰ نمره)

##### (۱) چرخه عمر علم داده و صورت‌بندی مسئله (۱۰ نمره)

یک سند فنی کوتاه ارائه دهید که شامل موارد زیر باشد:

۱. تعریف مسئله، ذی‌نفعان، و تصمیم‌هایی که مدل قرار است پشتیبانی کند.
  ۲. تعریف KPI‌های فنی (مثل C<sub>AUC</sub>، Recall@K، Calibration) و عملیاتی.
  ۳. فهرست ریسک‌ها (نشت داده، drift، تغییر سیاست مهاجرت، خطای برچسب).
  ۴. برنامه پایش پس از استقرار (آستانه هشدار، فرکانس بازآموزی، مسیر ارجاع انسانی).
- خروجی مورد انتظار: نمودار چرخه عمر + یک جدول ریسک.

##### (۲) عملیات پایتونی، کنترل کیفیت و EDA (۱۰ نمره)

۱. پروفایل‌گیری داده: نوع ستون‌ها، مقادیر گمشده، تکراری، بازه‌های نامعتبر.
۲. شناسایی پرت‌ها با حداقل دو روش (مثالاً IQR و z-score) و تحلیل پیامد.
۳. حداقل ۸ نمودار اکتشافی با تفسیر کاربردی.
۴. پیدامه‌سازی یکتابع پیش‌پردازش مازولار و قابل آزمون.

#### بلوک B – استباط آماری و مصورسازی (۲۰ نمره)

##### (۳) طراحی مطالعه و استباط (۱۰ نمره)

- ۰. تفکیک مطالعه مشاهده‌ای از ادعای علی برای این مسئله.
- ۰. ارائه حداقل یک بازه اطمینان معنی‌داری و تفسیر دقیق آن.
- ۰. تعریف یک آزمون فرض با  $H_0/H_1$ ، سطح معنی‌داری، کنترل خطای نوع اول.
- ۰. بررسی اعتبار پیش‌فرض‌ها (نرمال‌بودن تقریبی/حجم نمونه/استقلال).

#### (Q۴) طراحی بصری و روایت برای تصمیمگیر (۱۰ نمره)

- طراحی یک بخش داشبوردی برای مخاطب غیرتخصصی.
- توجیه انتخاب رنگ، مقیاس، ترتیب، و annotation‌ها.
- ارائه حداقل یک مثال نموذار گمراهنده + نسخه اصلاح شده.

#### بلوک C – SQL و مهندسی داده (۲۵ نمره)

##### (SQL Q۵) SQL پیشرفته (۱۵ نمره)

سه کوئری مستقل ارائه دهید:

۱. میانگین متحرک ۳ ساله Research\_Citations با window frame .
۲. رتبه‌بندی/دهکبندی کشورها یا کاربران با RANK/DENSE\_RANK/NTILE .
۳. یک تحلیل cohort (ماندگاری یا انتقال وضعیت در زمان) با CTE .

#### (Q۶) نشت داده و معماری داده در مقیاس (۱۰ نمره)

- ویژگی‌های نشتدهنده را شناسایی و با منطق زمانی حذف کنید.
- معماری Bronze/Silver/Gold یا معادل آن را برای داده آفلاین/آنلاین پیشنهاد دهید.
- راهکار feature store با train-serving consistency توضیح دهید.

#### بلوک D – مدل‌سازی نظارت شده و بهینه‌سازی (۴۵ نمره)

##### (Q۷) مدل‌های خطی/لجستیک + Elastic Net (۱۵ نمره)

۱. مدل پایه خطی/لجستیک را اجرا کنید.
۲. تابع هزینه Elastic Net را بنویسید و گرادیان/زیرگرادیان را استخراج کنید.
۳. تفسیر ضریب p-value، بازه اطمینان، و پایداری ضرایب را ارائه دهید.

#### (Q۸) تحلیل بهینه‌سازی در Ravine (۱۰ نمره)

- رفتار SGD، Momentum، و Adam را روی یک تابع دره‌ای مقایسه کنید.
- مسیر همگرایی و نوسان را رسم و تحلیل کنید.
- برای ناهمگنی مقیاس ویژگی‌ها پیشنهاد عملی بدهید.

#### (Q۹) مقایسه خانواده مدل‌های غیرخطی (۲۰ نمره)

• KNN و SVM

• Random Forest و Decision Tree

• یک مدل Boosting (ترجیحاً XGBoost)

الزامات:

۱. پروتکل cross-validation و تنظیم ابرپارامتر.
۲. جدول متریک‌ها (حداقل: Accuracy, ROC-AUC, F1, Precision, Recall).
۳. تحلیل خطای اشتباه، ماتریس در هم ریختگی، حساسیت تصمیم.

## بلوک E – بدون نظارت (۲۰ نمره)

(Q1۰) کاهش بُعد (۱۰ نمره)

- PCA: محاسبه و تفسیر Explained Variance Ratio
- یک روش مکمل (UMAP/t-SNE/Random Projection).
- تفسیر هندسی ابعاد نهفته.

(Q1۱) خوشبندی (۱۰ نمره)

- Silhouette + Elbow + KMeans
- DBSCAN یا روش چگالی محور معادل.
- تحلیل پایداری خوشها و معنای کاربردی آنها.

## بلوک F – یادگیری عمیق، NLP و مدل‌های زبانی (۳۰ نمره)

(Q1۲) مدل عصبی جدولی و مدل توالی/متن (۱۵ نمره)

- یک MLP روی داده جدولی آموزش دهید.
- یک مدل توالی/متنی (RNN/LSTM/GRU/CNN) اجرا کنید.
- عملکرد را با baseline کلاسیک مقایسه کنید.

(Q1۳) مدل‌های زبانی و LLM Agent (۱۵ نمره)

جريان عامل محور طراحی کنید:

plan -> retrieve -> reason -> verify

و برای آن:

- معیار ارزیابی صحت/وفاداری/ایمنی تعریف کنید.
- سیاست مهار hallucination و محدودیت دسترسی ابزارها مشخص کنید.

## بلوک G – اخلاق، عدالت و حاکمیت (۱۵ نمره)

(Q1۴) عدالت، سوگیری، و استقرار مسئولانه (۱۵ نمره)

- تحلیل زیرگروهی بر اساس کشور/تحصیلات/سابقه.
- بررسی proxy discrimination و سوگیری تاریخی سیاست‌ها.
- ارائه سیاست human-in-the-loop و مسیر اعتراض/بازبینی.

## بلوک H – کپستون یکپارچه (۲۵ نمره)

خروجی کپستون باید شامل موارد زیر باشد:

۱. خط لوله کامل داده تا پیش‌بینی با کنترل نشت.
۲. یک گزارش model card شامل مفروضات، محدودیت‌ها، متريک‌ها.
۳. تبيين محلی و سراسری با SHAP.
۴. جدول عدالت زیرگروهی + توصيه استقرار + مانيتورينگ.

## **بلوک I – توسعه حرفه‌ای پایش تولید و تحلیل پیشرفته (۰ نمره)**

### **(Q15) کالیبراسیون احتمال و سیاست آستانه (۱۰ نمره)**

- منحنی کالیبراسیون/قابلیت اطمینان را برای بهترین مدل رسم کنید.
- حداقل یک معیار کالیبراسیون (مثل Brier یا ECE) گزارش کنید.
- دو سیاست آستانه ارائه دهید:

۱. آستانه بھینه بر اساس F1

۲. آستانه بھینه بر اساس هزینه نامتقارن خطأ (Mثلاً FN) پر هزینه‌تر از FP

### **(Q16) تشخیص درفت و طراحی مانیتورینگ (۱۰ نمره)**

- داده را به دو پنجره مرجع/جاری تقسیم کنید (ترجمانی).
- برای ویژگی‌های عددی، PSI محاسبه و رتبه‌بندی کنید.
- حداقل یک شاخص درفت دسته‌ای (مثل JS divergence) گزارش کنید.
- سیاست هشدار/حرانی و حرک بازآموزی را تعریف کنید.

### **(Q17) تحلیل Counterfactual Recourse (۱۰ نمره)**

- برای پیش‌بینی‌های منفی نزدیک آستانه، کمینه تغییر لازم برای تغییر تصمیم را برآورد کنید.
- حداقل دو ویژگی عملیاتی قابل مداخله را بررسی کنید.
- نرخ موفقیت ریکورس و میانه مقدار مداخله برای هر ویژگی را گزارش کنید.
- درباره امکان‌پذیری/اخلاقی بودن این مداخلات بحث کنید.

### **(Q18) اعتبارسنجی زمانی و افت عملکرد (۱۰ نمره)**

- اعتبارسنجی غلطان زمانی اجرا کنید (در صورت نبود ستون زمانی معتبر، fallback مستند ارائه دهید).
- متريک‌های هر fold (حداقل AUC/F1) را گزارش کنید.
- افت عملکرد نسبت به fold اول و ارتباط آن با شاخص درفت را تحلیل کنید.

### **(Q19) کمی‌سازی عدم‌قطعیت و پوشش (۱۰ نمره)**

- بازه یا نمره اطمینان مبتنی بر conformal/کالیبراسیون پیاده‌سازی کنید.
- پوشش تجربی را در چند سطح اطمینان گزارش کنید.
- پنهانی بازه و ریسک کمپوششی را تحلیل و تفسیر کنید.

### **(Q20) آزمایش مداخله عدالت الگوریتمی (۱۰ نمره)**

- مدل پایه و معیارهای عدالت زیرگروهی را محاسبه کنید.
- یک روش مداخله (مثل reweighing) اجرا و قبل/بعد را مقایسه کنید.
- قید سیاستی صریح تعریف کنید (مثل سقف افت AUC) و نتیجه قبولی/رد ارائه دهید.

## بلوک J (Bonus) تا + ۲۰) – افزونه‌های پیچیده

- **DAG Causal و شناسایی (۵):** گراف، مجموعه تعديل، محدودیت‌های علی را صریح بیان کنید.
- **عدم قطعیت (۵):** بازه یا امتیاز اطمینان با پوشش تجربی گزارش شده.
- اعتبارسنجی زمانی (۵): اسپلیت زمانی در برابر تصادفی، تحلیل افت عملکرد و درفت.
- سروینگ آنلاین/استریمینگ (۵): طرح ویژگی‌های تازه، SLA نگهبان درفت/OOD و مسیر rollback.

## ۵) قالب‌های تحویل و استاندارد مستندسازی

- همه شکل‌ها باید عنوان، واحد، و caption دقیق داشته باشند.
- تمام ادعاهای باید با خروجی کد/جدول پشتیبانی شوند.
- کد باید مازولار، دارای نامگذاری استاندارد، و قابل اجرا با دستور واحد باشد.
- گزارش باید شامل بخش «محدودیت‌ها» و «کارهای آینده» باشد.

## ۶) معیار کسر نمره

- وجود نشت داده بدون گزارش: تا ۵۰٪ کسر در بخش مرتبه.
- نبود بازتولیدپذیری: تا ۳۰٪ کسر در پروژه.
- تفسیر نادرست آماری (مثالاً برداشت اشتباه از p-value): کسر ۲۰٪ در سوال.
- فقدان تحلیل عدالت یا اخلاق: کسر کامل نمره بلوک G.

## ۷) امتیاز تشویقی (تا + ۱۰ نمره)

- توسعه تحلیل علی با DAG و بحث شناسایی.
- افزودن temporal validation و تحلیل drift بین سال‌ها.
- اضافه کردن conformal prediction یا برآورد عدم قطعیت پیشرفت.

## ۸) اصول اخلاق علمی

- استفاده از منبع بیرونی بدون ارجاع، تخلف آموزشی محسوب می‌شود.
- نتایج ضعیف/منفی نیز باید صادقانه گزارش شوند.
- استفاده از مدل‌های زبانی باید شفاف و مستند باشد.

**جمع‌بندی:** این تمرین صرفاً «ساخت مدل» نیست؛ هدف، ارائه یک سامانه تصمیم‌گیر قابل دفاع است که از نظر فنی، آماری، اخلاقی و مهندسی در سطح حرفه‌ای دانشگاهی قابل ارزیابی باشد.