TÜBİTAK 2209-A

PROJE

DEFTER

Atmosfer Akademisi

Siteyle eş: her sayfanın başlığı sitedekiyle aynı; köşedeki QR o başlığa götürür.
Önce boşluk: kutuya kendin yaz, cevap kutunun altında.

PROJE DEFTERİ

Projenin ayrıntılı anlatımı

Sitede

- Bu defter, Atmosfer Akademisi'ndeki proje ayrıntı sayfasıyla birebir eştir: her sayfanın başlığı sitedeki bir başlıkla aynıdır; köşedeki QR o başlığa götürür.
- Bölüm sırası: öz → akademik → basitçe → gerçek olay → olay pratiği → formül ve örnek → derste gördüğün → senin sıran.
- Kutulara önce kendin yaz; cevap ya da çözüm her zaman kutunun altında ya da bir sonraki sayfadadır.
- Bölümler: 1 Bağlam s. 3 · 2 Amaç s. 13 · 3 Kavramlar s. 24 · 4 Formüller s. 42 · 5 Yol s. 70 · 6 Ön bilgi s. 84 · 7 Hidromet s. 93 · 8 NWP s. 111 · 9 CBS s. 126 · 10 Bulut s. 140 · 11 Dinamik s. 156 · 12 Sinoptik s. 170.

💎 **ÖZ:** Siteyle eş: başlık aynı, QR aynı yere götürür.

1 Genel bağlam

Sitede

Kısa süreli şiddetli yağış, kentsel bir dereyi birkaç saat içinde taşırabilir; uyarı için çok az zaman kalır.

Short and intense rain can make an urban stream **overflow** within a few hours, so there is very little time for a **warning**.

Sayısal hava tahmini yağışı verir ama miktarda, yerde ve zamanda hata yapar; bu hata akış tahminine taşınır.

Weather models give rainfall, but they make errors in amount, place and **timing**, and the error is **carried into** the flow forecast.

Çalışma alanı, İstanbul'da Kağıthane Deresi sistemine bağlı, yoğun yapılaşmış Cendere alt havzasıdır.

The study area is the Cendere **sub-basin**, a densely **built-up** part of the Kağıthane stream system in Istanbul.

Proje, düzeltilmiş yağışın kısa süreli taşkın göstergesi tahminini gerçekten iyileştirip iyileştirmediğini ölçer.

The project **measures** whether corrected rainfall really **improves** the short-term forecast of a flood indicator.

💎 **ÖZ:** Kısa ve şiddetli yağış + kentsel havza = saatlerle ölçülen uyarı süresi.

1.1 Bağlam · akademik (1/2)

Sitede

- Isınan atmosfer daha fazla su buharı taşıyabilir: doymuş buhar basıncı sıcaklıkla yaklaşık %6–7/K artar (Clausius–Clapeyron). Kısa süreli uç yağışların şiddetlenmesi bu yüzden birçok bölgede beklenen ve gözlenen bir eğilimdir.
- Kentleşme geçirimsiz yüzeyi artırır: sızma azalır, akış katsayısı büyür, toplanma zamanı kısalır. Aynı yağış daha büyük ve daha erken bir pik debi üretir; buna ani taşkın (*flash flood*) denir.
- Erken uyarı zinciri: gözlem → sayısal tahmin → son işleme (istatistiksel düzeltme) → akım ya da su seviyesi tahmini → eşik ve uyarı. Her halka belirsizlik ekler; küçük kentsel havzada en büyük kalem çoğu zaman yağış belirsizliğidir.
- Politika bağlamı: 12. Kalkınma Planı tüm havzalarda taşkın tahmini ve erken uyarı sistemi kurulmasını hedefler (tedbir 833.4). TÜBİTAK'ın 2026–2028 öncelikli konuları arasında sel ve taşkın için yapay zekâ tabanlı erken uyarı ve karar destek sistemleri yer alır.

💎 **ÖZ:** Yağıştaki iyileşme akışa kendiliğinden geçmez; ayrıca ölçülmelidir.

1.1 Bağlam · akademik (2/2)

Sitede

- Bölgesel bulgu: Kuzeybatı Türkiye'deki aşırı yağış olaylarında mezoölçekli model ve uydu yağışı karşılaştırıldığında 1 saatlik yağışı tutturmak en zor iş çıktı; biriktirme süresi uzadıkça skorlar iyileşti, olaydan olaya fark istasyondan istasyona farktan büyüktü (Yucel ve Onen, 2014).
- Literatürdeki boşluk: derin öğrenmeyle düzeltilen yağış, yağış skorlarını iyileştirse de hidrolojik çıktıyı her zaman iyileştirmeyebilir (Patakchi Yousefi vd., 2024). Bu proje bu yüzden akım ya da su seviyesi tarafını ayrıca ölçer.
- Cendere alt havzası Kağıthane Deresi sistemine bağlıdır; yoğun kentleşme ve engebeli arazi, şiddetli yağışta su seviyesinin hızla yükselmesine elverişli koşullar yaratır.

💎 **ÖZ:** Yağıştaki iyileşme akışa kendiliğinden geçmez; ayrıca ölçülmelidir.

1.2 Bağlam · basitçe ve sınav

Sitede

- Yağmur ne kadar kısa sürede ve ne kadar yoğun düşerse dere o kadar hızlı yükselir.
- Betonlaşmış mahallede su toprağa giremez, doğrudan dereye koşar: dere hem daha çok hem daha erken yükselir.
- Hava tahmin modeli «40 mm yağacak» diyebilir; gerçekte 20 de olabilir, 60 da. Ya da yağmur komşu vadiye düşer.
- Modelin geçmişteki hatalarını öğrenip bugünkü tahmini düzeltirsek dere için uyarı daha doğru olur mu? Proje bunu sınar.
- Sınav cümlesi: taşkın riski = tehlike × maruz kalan varlık × kırılganlık; kentleşme hem akışı (tehlikeyi) hem maruz kalanı büyütür.

💎 **ÖZ:** Beton çoksa dere daha çok ve daha erken yükselir.

1.3 Bağlam · gerçek olay

Sitede

2009 Marmara taşkını (İstanbul)

- 2009'da Marmara'da kısa sürede çok yüksek yağış düştü; İstanbul'un batısındaki kentleşmiş dere vadilerinde ani taşkınlar can kayıplarına ve büyük hasara yol açtı.
- Zarar en çok dere yatağına ve taşkın düzlüğüne yakın sanayi, yol ve yerleşim alanlarında görüldü; daraltılmış yatak suyun yükselmesini hızlandırdı.
- Olay, Türkiye'de hidrometeorolojik açıdan en çok incelenen kentsel taşkınlardan biridir (Kömüşcü ve Çelik, 2013).
- Projeyle bağı: kısa süreli şiddetli yağış + kentsel havza + saatler mertebesinde uyarı süresi. 1 ve 3 saat ileri tahmin tam bu ölçeğe denk gelir.

💎 **ÖZ:** 2009: kısa sürede çok yağış + dere yatağında yapılaşma = ağır kayıp.

1.3b Bağlam · olay pratiği

Sitede

Bu olayda dere için 1 saat önceden güvenilir bir su seviyesi tahmini olsaydı sahada hangi üç önlem alınabilirdi?

Cevap:

- Alt geçitlerin ve dere kenarı yolların trafiğe kapatılması.
- Dere yatağına yakın işyerlerinin ve araçların boşaltılması.
- Kurtarma ekiplerinin önceden konumlandırılması: kısa öncü süre bile can güvenliği için değerlidir.

💎 **ÖZ:** Bir saatlik öncü süre bile yolları kapatmaya ve insanları uzaklaştırmaya yeter.

1.4a Dönüş aralığı ve risk

Sitede

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{n}$$

Terimler — tek tek:

- **R** — n yıl içinde en az bir kez aşılma olasılığı (–)
- **T** — dönüş aralığı (yıl)
- **n** — dikkate alınan süre (yıl)

💎 **ÖZ:** 100 yıllık olay, 30 yılda yaklaşık dörtte bir olasılıkla en az bir kez gelir.

1.4a Örnek

Sitede

Dönüş aralığı 100 yıl olan bir yağış, 30 yıllık bir sürede en az bir kez hangi olasılıkla görülür?

Çözüm:

1. Her yıl aşılmama olasılığı: 1 – 1/100 = 0,99
2. 30 yıl boyunca hiç aşılmama: $0{,}99^{30}$ = 0,740
3. Risk: 1 – 0,740 = 0,260 → yaklaşık %26

💎 **ÖZ:** Sonuç: R ≈ %26; 30/100 = %30 değil.

1.5 Bağlam · derste gördüğün

Sitede

- MTO 316 dönüş aralığı ve risk: tasarım yağışı bu mantıkla seçilir; olasılıklar toplanmaz, çarpılır (30/100 değil, %26).
- MTO 316 hidrograf: kentleşme pik debiyi büyütür ve erkene çeker; bu proje o piki 1–3 saat önceden görmeye çalışır.
- Araştırma sayfasında bölgedeki aşırı yağış değerlendirmesi parça parça çevrildi: POD, FAR, CSI ve süreye göre başarı.
- Aynı sayfada derin öğrenmeyle düzeltilmiş yağışın hidrolojik etkisini sınayan çalışma da var: yağış iyileşti, toprak nemi iyileşmedi.

Sitede bağlar: MTO 316 Risk ve tasarım dönüş aralığı · Soru çözümü S18 · MTO 316 Hidrograf okuma · Yucel ve Onen (2014) · skorlar · Patakchi Yousefi vd. (2024) · hidrolojik sonuç · Akademi · Tekerrür aralığı · Akademi · Aşılma olasılığı

💎 **ÖZ:** Olasılıklar toplanmaz: risk = 1 – (1 – 1/T)^n.

1.6 Bağlam · senin sıran

Sitede

Projenin neden önemli olduğunu üç halkalı bir zincirle (yağış → akış → uyarı) kendi cümlelerinle yaz; her halkaya bir hata kaynağı ekle.

Kontrol:

- Yağış halkası: modelin miktar, yer ve zaman hatası.
- Akış halkası: havzanın ıslaklığı, geçirimsiz yüzey, drenaj ve yatak daralması.
- Uyarı halkası: eşik seçimi, öncü sürenin kısalığı, uyarının insanlara ulaşması.

💎 **ÖZ:** Zincirin her halkası kendi hatasını ekler.

2 Amaç ve araştırma soruları (1/2)

Sitede

Genel amaç: fiziksel değişkenlerle rehberlenen yağış düzeltmesinin, Cendere alt havzasında 1 ve 3 saat ileri akım ya da su seviyesi tahminine katkısını ölçmek.

The main **aim** is to measure how physics-guided rainfall correction **contributes to** one- and three-hour-ahead flow or water-level forecasts.

Dört soru: fiziksel değişkenler yağış hatasını azaltır mı, iyileşme şiddetli yağışta korunur mu, akış tahminine geçer mi, olaydan olaya benzer mi?

The four questions ask whether physical variables **reduce** rainfall error and whether the gain holds in heavy rain, passes to flow and is **consistent** across events.

💎 **ÖZ:** Asıl soru: daha iyi yağış, daha iyi dere tahmini mi?

2 Amaç ve araştırma soruları (2/2)

Sitede

Hedef: en iyi yöntemin bağımsız testte ortalama mutlak hatayı ham tahmine göre en az %10–15 azaltması; iyileşme çıkmazsa bu da raporlanır.

The **target** is a mean absolute error at least 10–15% lower on independent test data, and a **negative result** is also reported.

Kapsam dışı: operasyonel uyarı sistemi, taşkın yayılım haritası, su derinliği tahmini ve atmosfer denklemlerini çözen yeni bir model.

An operational warning system, flood maps and water-depth forecasts are **outside the scope**, and no new physical model is **built**.

💎 **ÖZ:** Asıl soru: daha iyi yağış, daha iyi dere tahmini mi?

2.1 Amaç · akademik (1/2)

Sitede

- Deney tasarımı kontrollüdür: aynı sinir ağı mimarisi iki girdi setiyle eğitilir (yalnız yağış / yağış + sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr). Böylece iyileşmenin kaynağı fiziksel bilgi mi, yoksa yalnız model karmaşıklığı mı, ayrılabilir.
- Karşılaştırma basamakları: ham tahmin (referans) → basit istatistiksel düzeltme → yalnız yağışlı sinir ağı → fiziksel değişkenli sinir ağı. Her basamak bir öncekine karşı ölçülür.
- «Fiziksel rehberli» burada dar anlamdadır: atmosferik süreçlerle ilişkili açıklayıcı değişkenler girdiye eklenir; fizik denklemleri kayıp fonksiyonuna konmaz. Bu, «fizik bilgili sinir ağı» yaklaşımından farklıdır.
- İkinci aşamada aynı akım/seviye modeline önce ham, sonra düzeltilmiş yağış verilir; fark yalnız yağış girdisinden gelir. Böylece yağıştaki kazancın hidrolojik karşılığı ölçülür.

💎 **ÖZ:** Tek fark girdideki fiziksel değişkenler olmalı; kalan her şey aynı.

2.1 Amaç · akademik (2/2)

Sitede

- Ölçülebilir hedefler şöyle kurulabilir: (1) eşleştirilmiş veri seti ve eksik veri oranı, (2) dört yaklaşımın testte MAE, RMSE ve yakalama oranı, (3) eşik üstü olaylarda ayrı değerlendirme, (4) 1 ve 3 saat ileri akım/seviye için MAE, RMSE ve pik zamanı hatası.
- Olumsuz sonuç da bilimsel bulgudur: hangi olay türünde ya da şiddette fark çıkmadığı gösterilir; bu, sonraki çalışmaların hangi değişkene yatırım yapacağını belirler.
- Tasarımın gelişimi: ilk taslakta küresel model yağışı, uydu referansı ve klasik bir yağış–akış modeliyle pik debi senaryoları düşünülmüştü; son tasarımda istasyon yağışı, arşiv sayısal tahmin ve sinir ağıyla doğrudan 1 ve 3 saat ileri akım/seviye tahmini var.

💎 **ÖZ:** Tek fark girdideki fiziksel değişkenler olmalı; kalan her şey aynı.

2.2 Amaç · basitçe ve sınav

Sitede

- Soru 1: Modele sıcaklık, nem ve rüzgâr da verirsek yağışı daha iyi tahmin eder mi?
- Soru 2: Bu iyileşme sağanaklarda da sürüyor mu, yoksa yalnız hafif yağışlarda mı?
- Soru 3: Daha iyi yağış, daha iyi dere tahmini demek mi?
- Soru 4: Her yağmurda aynı sonuç mu çıkıyor?
- Hakem sorarsa: «Aynı ağı neden iki kez eğitiyorsunuz?» → «İyileşmenin kaynağını ayırmak için; tek fark girdideki fiziksel değişkenler.»

💎 **ÖZ:** Dört soru: azalır mı, korunur mu, geçer mi, tekrarlanır mı?

2.3 Amaç · gerçek olay

Sitede

2023 Emilia-Romagna taşkınları

- 2023'te kuzey İtalya'da iki hafta arayla iki şiddetli yağış dönemi yaşandı.
- İkinci dönemin yağışı, birincide doymuş topraklara düştü; benzer miktarda yağış bu kez çok daha fazla akışa dönüştü ve geniş taşkınlara yol açtı.
- Ders: aynı yağış, havzanın ıslaklığına göre çok farklı akış üretir. Yağışı iyileştirmek gerekli ama yeterli değildir.
- Projeyle bağı: 3. araştırma sorusu tam bunu sorar; düzeltilmiş yağışın akış tahminine katkısı ayrıca ölçülür, varsayılmaz.

💎 **ÖZ:** Islak toprak aynı yağışı daha büyük taşkına çevirir.

2.3b Amaç · olay pratiği

Sitede

Aynı yağış tahmini iki farklı haftada farklı taşkın üretebiliyorsa akım modeline yağıştan başka hangi bilgiyi vermek gerekir?

Cevap:

- Havzanın o anki durumunu taşıyan bilgi: geçmiş saatlerin akımı ya da su seviyesi (gecikmeli girdiler).
- Önceki günlerin toplam yağışı (öncül nem göstergesi).
- Projede gecikmeli akım/seviye girdileri bu rolü üstlenir.

💎 **ÖZ:** Akım modeli havzanın o anki ıslaklığını gecikmeli girdilerden öğrenir.

2.4a Göreli iyileşme (MAE azalması)

Sitede

$$\Delta_{\%} = 100\,\frac{\mathrm{MAE}_h - \mathrm{MAE}_d}{\mathrm{MAE}_h}$$

Terimler — tek tek:

- MAE_h — ham tahminin ortalama mutlak hatası (mm/h)
- MAE_d — düzeltilmiş tahminin ortalama mutlak hatası (mm/h)
- $\Delta_{\%}$ — göreli iyileşme (%)

💎 **ÖZ:** Hedef: bağımsız testte en az yüzde 10–15 göreli iyileşme.

2.4a Örnek

Sitede

Testte ham tahminin MAE'si 2,40 mm/h, en iyi yöntemin MAE'si 2,02 mm/h. Göreli iyileşme nedir; hedef (%10–15) tuttu mu?

Çözüm:

1. Fark: 2,40 – 2,02 = 0,38 mm/h
2. Oran: 0,38 / 2,40 = 0,158
3. Göreli iyileşme ≈ %15,8 → hedef aralığın üst ucu da aşıldı
4. %10 için MAE ≤ 2,16, %15 için MAE ≤ 2,04 mm/h gerekirdi

💎 **ÖZ:** Sonuç: ≈ %15,8: hedef tuttu.

2.5 Amaç · derste gördüğün

Sitede

- MTO 311E Veri Analizi: ortalama, varyans, korelasyon, regresyon ve hipotez testi; iki yöntemin farkının şansla açıklanıp açıklanamayacağı sorusu.
- MTO 316 kalibrasyon sorusu (S38): model–gözlem karşılaştırması, NSE ve hacim yanlılığı; aynı mantık burada yöntemleri karşılaştırmak için kullanılır.
- ING201A'da araştırma sorusu kurma adımı: geniş konudan odaklı, cevaplanabilir soruya iniş. Bu projenin dört sorusu bunun bir örneğidir; essay metni ayrı yazılır.

Sitede bağlar: Akademi · MTO 311E Veri Analizi · MTO 316 Kalibrasyon: model ↔ gözlem · Soru çözümü S38 · ING201A · konu ve soru adımı · Akademi · Doğrulama skoru · Akademi · Güven aralığı

💎 **ÖZ:** Araştırma sorusu ölçülebilir hedefe çevrilmeden yöntem yazılmaz.

2.6 Amaç · senin sıran

Sitede

Dört araştırma sorusundan birini seç ve ölçülebilir bir hedefe çevir: hangi veri, hangi ölçüt, hangi karşılaştırma, hangi karar kuralı?

Kontrol:

- Örnek (Soru 3): test olaylarında 1 ve 3 saat ileri su seviyesi tahmini, ham yağışlı ve düzeltilmiş yağışlı iki modelle yapılır.
- Ölçütler: MAE, RMSE ve pik zamanı hatası.
- Karar: düzeltilmiş yağışlı modelin MAE'si ve pik zamanı hatası daha küçük mü, fark olaydan olaya tutarlı mı?

💎 **ÖZ:** Her hedefin verisi, ölçütü ve karar kuralı olmalı.

3 Kavramlar ve tanımlar

Sitede

Projede üç alan bir arada konuşulur: meteoroloji (yağış, sayısal tahmin), hidroloji (akım, su seviyesi, havza) ve makine öğrenmesi (sinir ağı, eğitim, test).

Three fields **meet** in this project: meteorology, hydrology and machine learning, each with its own **vocabulary**.

Her terim için Türkçe karşılık, İngilizce terim, okunuş, kısa tanım ve projedeki yeri verilir.

Each term has a Turkish **equivalent**, the English word, its pronunciation, a short **definition** and its role in the project.

En sık karıştırılan çiftler: akım ile su seviyesi, doğrulama kümesi ile test kümesi, öncü süre ile gecikme.

The most often **confused** pairs are flow and water level, validation and test sets, and lead time and **lag**.

💎 **ÖZ:** Terimi doğru seçmek, yöntemi doğru anlatmanın yarısıdır.

3.K1 Havza ve akış

Sitede

- **catchment** /ˈkætʃmənt/ (n) · havza · *catchment area*
- **sub-basin** /ˈsʌbˌbeɪsn/ (n) · alt havza · *upstream sub-basin*
- **outlet** /ˈaʊtlet/ (n) · havza çıkışı · *basin outlet*
- **discharge** /ˈdɪstʃɑːdʒ/ (n) · akım (debi) · *peak discharge*
- **water level (stage)** /steɪdʒ/ (n) · su seviyesi · *rise in stage*
- **rating curve** /ˈreɪtɪŋ kɜːv/ (n) · anahtar eğrisi · *update the rating curve*
- **hydrograph** /ˈhaɪdrəgrɑːf/ (n) · hidrograf · *flood hydrograph*

💎 **ÖZ:** Havza tek çıkışlı bir huni gibidir: bütün su aynı noktaya akar.

3.K2 Akışı belirleyenler

Sitede

- **peak** /piːk/ (n) · pik (tepe) · *peak flow*
- **time of concentration** /taɪm əv ˌkɒnsnˈtreɪʃn/ (n) · toplanma zamanı · *short time of concentration*
- **antecedent moisture** /ˌæntɪˈsiːdnt ˈmɔɪstʃə/ (n) · öncül nem · *antecedent conditions*
- **impervious surface** /ɪmˈpɜːviəs ˈsɜːfɪs/ (adj + n) · geçirimsiz yüzey · *impervious cover*
- **infiltration** /ˌɪnfɪlˈtreɪʃn/ (n) · sızma · *infiltration rate*
- **surface runoff** /ˈsɜːfɪs ˈrʌnɒf/ (n) · yüzey akışı · *generate runoff*

💎 **ÖZ:** Kısa toplanma zamanı, hızlı ve sivri bir pik demektir.

3.K3 Yağış ve sayısal tahmin

Sitede

- **rainfall intensity** /ˈreɪnfɔːl ɪnˈtensəti/ (n) · yağış şiddeti · *high intensity*
- **convective precipitation** /kənˈvektɪv prɪˌsɪpɪˈteɪʃn/ (n) · konvektif yağış · *convective storm*
- **numerical weather prediction** /njuːˈmerɪkl ˈweðə prɪˈdɪkʃn/ (n) · sayısal hava tahmini · *NWP model*
- **grid** /grɪd/ (n) · ızgara · *grid spacing*
- **parameterization** /pəˌræmɪtəraɪˈzeɪʃn/ (n) · parametrizasyon · *convection parameterization*
- **lead time** /liːd taɪm/ (n) · öncü süre · *short lead time*
- **archived forecast** /ˈɑːkaɪvd ˈfɔːkɑːst/ (n) · arşiv tahmin · *forecast archive*

💎 **ÖZ:** Öncü süre uzadıkça tahmin hatası büyür.

3.K4 Düzeltme ve öğrenme

Sitede

- **bias** /ˈbaɪəs/ (n) · yanlılık · *systematic bias*
- **post-processing** /ˌpəʊstˈprəʊsesɪŋ/ (n) · son işleme · *statistical post-processing*
- **predictor** /prɪˈdɪktə/ (n) · açıklayıcı değişken · *physical predictor*
- **physics-guided machine learning** /ˈfɪzɪks ˈgaɪdɪd/ (n) · fiziksel rehberli öğrenme · *physics-guided model*
- **artificial neural network** /ˌɑːtɪˈfɪʃl ˈnjʊərəl ˈnetwɜːk/ (n) · yapay sinir ağı · *train a network*
- **multilayer perceptron** /ˈmʌltiˌleɪə pəˈseptrɒn/ (n) · çok katmanlı algılayıcı · *hidden layer*
- **activation function** /ˌæktɪˈveɪʃn ˈfʌŋkʃn/ (n) · aktivasyon fonksiyonu · *ReLU activation*

💎 **ÖZ:** Son işleme modeli değil, modelin çıktısını düzeltir.

3.K5 Eğitim ve değerlendirme

Sitede

- **training / validation / test** /ˈtreɪnɪŋ ˌvælɪˈdeɪʃn test/ (n) · eğitim / doğrulama / test · *test set*
- **event-based split** /ɪˈvent beɪst splɪt/ (n) · olay temelli ayrım · *split by event*
- **overfitting** /ˌəʊvəˈfɪtɪŋ/ (n) · aşırı öğrenme · *avoid overfitting*
- **early stopping** /ˈɜːli ˈstɒpɪŋ/ (n) · erken durdurma · *apply early stopping*
- **regularization** /ˌregjələraɪˈzeɪʃn/ (n) · düzenlileştirme · *L2 regularization*
- **mean absolute error (MAE)** /miːn ˈæbsəluːt ˈerə/ (n) · ortalama mutlak hata · *reduce the MAE*
- **root mean square error (RMSE)** /ruːt miːn skweə ˈerə/ (n) · kök ortalama kare hata · *high RMSE*

💎 **ÖZ:** Test verisi yalnız en sonda, bir kez açılır.

3.K6 Olay ölçütleri ve harita

Sitede

- **probability of detection (POD)** /ˌprɒbəˈbɪləti əv dɪˈtekʃn/ (n) · yakalama oranı · *high POD*
- **false alarm ratio (FAR)** /fɔːls əˈlɑːm ˈreɪʃiəʊ/ (n) · yanlış alarm oranı · *lower the FAR*
- **peak timing error** /piːk ˈtaɪmɪŋ ˈerə/ (n) · pik zamanı hatası · *one-hour timing error*
- **Nash–Sutcliffe efficiency (NSE)** /næʃ ˈsʌtklɪf ɪˈfɪʃnsi/ (n) · Nash–Sutcliffe verimliliği · *NSE close to one*
- **digital elevation model (DEM)** /ˈdɪdʒɪtl ˌelɪˈveɪʃn ˈmɒdl/ (n) · sayısal yükseklik modeli · *DEM resolution*
- **flow direction** /fləʊ dəˈrekʃn/ (n) · akış yönü (D8) · *flow accumulation*
- **precipitable water** /prɪˈsɪpɪtəbl ˈwɔːtə/ (n) · yağışa geçebilir su · *high precipitable water*

💎 **ÖZ:** Pik zamanı hatası saatle ölçülür ve uyarı için kritiktir.

3.K7 Günlük üç cümle

Sitede

Her gün üç kısa İngilizce cümle yaz; altı çizili kelimeleri kullan.

Bugün anahtar eğrisinin su seviyesini akıma bağladığını öğrendim.

Today I learned that a **rating curve** links stage to discharge.

Pik akım saniyede yaklaşık 16 metreküptü.

The **peak discharge** was about 16 cubic metres per second.

Düzeltilmiş yağış akım tahminini gerçekten iyileştiriyor mu?

Does corrected rainfall really **improve** the flow forecast?

Tekrar: *catchment* (havza) · *lead time* (öncü süre) · *bias* (yanlılık) · *overfitting* (aşırı öğrenme) · *peak timing error* (pik zamanı hatası) · *impervious* (geçirimsiz)

Kendi üç cümlen için yazma alanı bir sonraki sayfada.

💎 **ÖZ:** Her gün üç cümle: bir kavram, bir sayı, bir soru.

3.K7 Günlük üç cümle · yaz

Sitede

Bugünün üç cümlesi: bir kavram, bir sayı, bir soru.

💎 **ÖZ:** Kısa ve doğru üç cümle, uzun ve yanlış bir paragraftan iyidir.

3.1 Kavramlar · akademik (1/2)

Sitede

- Akım (debi, *discharge*) bir kesitten birim zamanda geçen su hacmidir (m^3/s); su seviyesi (*stage*) su yüzünün bir referansa göre yüksekliğidir (m). İkisini anahtar eğrisi bağlar; eğri ölçümle kurulur ve yatak değiştikçe kayar.
- Meteorolojide «doğrulama» (*verification*) tahminin gözlemle karşılaştırılıp skorlanmasıdır; makine öğrenmesinde «doğrulama kümesi» (*validation set*) model ayarlarının seçildiği ara veridir. Son bağımsız ölçüm test kümesinde yapılır.
- Öncü süre (*lead time*), tahminin üretildiği an ile geçerli olduğu an arasındaki süredir; gecikme (*lag*) bir girdinin geçmişteki değeridir (ör. bir saat önceki su seviyesi). 1 saat ileri tahmin gecikmeli girdileri kullanır.
- Yanlılık (*bias*) işaretli hatanın ortalamasıdır; MAE işaretsiz hatanın ortalaması. Yanlılığı sıfır olan bir tahmin bile büyük MAE'ye sahip olabilir: fazla ve eksik tahminler birbirini götürür.

💎 **ÖZ:** Doğrulama (verification) ile doğrulama kümesi (validation set) farklı şeylerdir.

3.1 Kavramlar · akademik (2/2)

Sitede

- Fiziksel rehberli öğrenme (*physics-guided machine learning*) fiziksel bilgiyi değişken seçimi, veri ya da model yapısı üzerinden taşır; fizik bilgili sinir ağı (*physics-informed neural network*) denklemleri kayıp fonksiyonuna koyar. Bu proje birinci türdendir.
- Tanımlar meteoroloji ve hidrolojideki yerleşik kullanımla (AMS sözlüğündeki karşılıklarla) uyumlu tutuldu: *discharge*, *stage*, *lead time*, *bias*, *post-processing*.

💎 **ÖZ:** Doğrulama (verification) ile doğrulama kümesi (validation set) farklı şeylerdir.

3.2 Kavramlar · basitçe ve sınav

Sitede

- Akım = derede saniyede geçen su miktarı; su seviyesi = suyun boyu. Seviyeyi ölçmek kolay, akımı hesaplamak zordur.
- Doğrulama kümesi = modelin ayar provası; test kümesi = asıl sınav. Sınav sorusunu provada görmek kopyadır.
- Öncü süre = ne kadar ileriyi tahmin ediyoruz; gecikme = geçmişten ne kadar bilgi kullanıyoruz.
- Yanlılık = hep fazla mı diyor, hep az mı; MAE = ortalama kaç birim şaşıyor.
- Sınavda karıştırma: *flood* ile *inundation* aynı şey değildir.

💎 **ÖZ:** Prova ile sınav ayrı: test verisi hiçbir kararda kullanılmaz.

3.3 Kavramlar · gerçek olay

Sitede

2020 Giresun taşkını

- 2020'de Doğu Karadeniz'de dik vadili bir havzada saatler içinde düşen yoğun yağış ani taşkına ve sürüklenen malzemeyle büyük hasara yol açtı; can kayıpları oldu.
- Terimlerle okuma: dik eğim ve küçük alan → kısa toplanma zamanı → pik çok hızlı gelir.
- Köprü altları ve dar kesitler sürüklenen malzemeyle tıkanınca aynı debi için su seviyesi daha da yükselir: anahtar eğrisi o an geçerliliğini yitirir.
- Projeyle bağı: hedef değişken su seviyesi olursa kesit değişimleri ve tıkanmalar modelin göremediği bir hata kaynağıdır.

💎 **ÖZ:** Tıkanan kesit, aynı debiyle daha yüksek su seviyesi demektir.

3.3b Kavramlar · olay pratiği

Sitede

Bu olayda «debi» ile «su seviyesi» neden aynı hızda değişmemiş olabilir? Bir cümleyle açıkla.

Cevap:

- Kesit tıkanınca aynı debi daha dar bir alandan geçer; su seviyesi debiden daha hızlı yükselir.
- Seviye ile debi arasındaki anahtar eğrisi bu sırada bozulur.

💎 **ÖZ:** Anahtar eğrisi sabit bir yatak varsayar; yatak değişince eğri de kayar.

3.4a Anahtar eğrisi: seviyeden akıma

Sitede

$$Q = a\,(h - h_0)^b$$

Terimler — tek tek:

- **Q** — akım (debi) (m^3/s)
- **h** — su seviyesi (m)
- h_0 — akımın sıfır olduğu seviye (m)
- **a, b** — eğri katsayıları (ölçümle bulunur) (–)

💎 **ÖZ:** Seviye ile akım doğrusal değil, üslü bir eğriyle bağlıdır.

3.4a Örnek

Sitede

a = 12, h_0 = 0,30 m, b = 1,6. Su seviyesi 1,50 m'den 2,00 m'ye çıkınca akım nasıl değişir?

Çözüm:

1. h = 1,50 m: Q = 12 × $(1{,}20)^{1{,}6}$ = 12 × 1,339 ≈ 16,1 m³/s
2. h = 2,00 m: Q = 12 × $(1{,}70)^{1{,}6}$ = 12 × 2,337 ≈ 28,0 m³/s
3. Seviye %33 arttı, akım %75 arttı: ilişki doğrusal değil

💎 **ÖZ:** Sonuç: 16,1 → 28,0 m³/s.

3.5 Kavramlar · derste gördüğün

Sitede

- MTO 316 akış birimleri (A2): derinlik (mm) ↔ hacim (m^3) ↔ debi (m^3/s); projede yağış (mm/h) ile akım (m^3/s) arasındaki birim köprüsü.
- MTO 316 hidrograf okuma (S30): yükselme kolu, pik, çekilme kolu, taban akışı; pik zamanı hatası bu eğri üzerinde ölçülür.
- MTO 316 kavram sorusu (S5): karıştırılan çiftler. Araştırma sayfasının Terimler bölümü de aynı mantıkla kuruldu.

Sitede bağlar: MTO 316 Kavram: karıştırılan çiftler · MTO 316 Hidrograf okuma · Soru çözümü S30 · Araştırma · Terimler · Akademi · Hidrograf · Akademi · Havza · Akademi · Toplanma zamanı

💎 **ÖZ:** Her sayının yanına birimini yaz: mm/h, m^3/s, m.

3.6 Kavramlar · senin sıran

Sitede

Şu üç çifti kendi cümlenle ayır: akım – su seviyesi; doğrulama kümesi – test kümesi; öncü süre – gecikme.

Kontrol:

- Akım hacim/zaman (m^3/s), seviye yükseklik (m); ikisini anahtar eğrisi bağlar.
- Doğrulama kümesi ayar seçmek için, test kümesi son ve bağımsız ölçüm içindir.
- Öncü süre ileriye, gecikme geriye bakar.

💎 **ÖZ:** Akım hacim, seviye yükseklik; öncü süre ileri, gecikme geri.

4 Formüller

Sitede

Dört formül ailesi var: hata ölçütleri (MAE, RMSE, yanlılık), olay ölçütleri (yakalama oranı, yanlış alarm), sinir ağı (nöron, kayıp, güncelleme) ve akım ölçütleri (pik ve pik zamanı hatası).

There are four **families** of formulas: error scores, event scores, the neural network and flow **metrics**.

Her formülün altında terimler tek tek açıklanır ve sayfa üretilirken Python ile yeniden hesaplanan kısa bir örnek bulunur.

Under each formula every **term** is explained, and a short example is **recalculated** with Python.

Altın kural: normalleştirmede kullanılan ortalama ve standart sapma yalnız eğitim verisinden hesaplanır; yoksa test bilgisi modele sızar.

Golden rule: the mean and standard deviation come only from training data; otherwise test information **leaks** into the model.

💎 **ÖZ:** Her ölçüt farklı bir soruyu cevaplar: ne kadar, ne yönde, olayı gördü mü?

4.1 Formüller · akademik (1/2)

Sitede

- MAE ana hedef ölçüttür: gözlemle aynı birimdedir (mm/h) ve aykırı değerlere RMSE kadar duyarlı değildir. RMSE büyük hataları karesiyle cezalandırır; sağanak saatlerindeki kaçırmalar RMSE'yi belirgin biçimde büyütür.
- Yağış dağılımı sıfırda yığılır: saatlerin çoğu kurudur. Bütün saatler üzerinden hesaplanan MAE kuru saatlerin etkisiyle küçük görünür; ölçütler ayrıca ıslak saatler ve olaylar üzerinde hesaplanmalıdır.
- Eşik tabanlı olay ölçütleri (yakalama oranı, yanlış alarm oranı, CSI) bir olasılık tablosundan (isabet, yanlış alarm, kaçırma, doğru ret) türetilir; eşik (ör. 5 mm/h) olay tanımını belirler.
- Yüksek çözünürlüklü tahminde «çifte ceza» sorunu vardır: biraz yerinden kaymış bir sağanak hem kaçırma hem yanlış alarm sayılır. Olay bazlı ölçütler ve pik zamanı hatası noktasal ölçütleri bu yüzden tamamlar.

💎 **ÖZ:** Islak saatleri ve olayları ayrıca ölç; kuru saatler hatayı küçük gösterir.

4.1 Formüller · akademik (2/2)

Sitede

- Sinir ağı eğitimi bir en küçükleme problemidir: kayıp fonksiyonu (çoğu zaman ortalama kare hata) ağırlıklara göre gradyanla azaltılır; L2 cezası ve erken durdurma aşırı öğrenmeyi sınırlar.
- Basit istatistiksel düzeltme (ör. doğrusal regresyon ya da kantil eşleme, *quantile mapping*), sinir ağının yenmesi gereken düşük maliyetli rakiptir; karmaşık yöntemin değeri ancak ona karşı ölçülür.

💎 **ÖZ:** Islak saatleri ve olayları ayrıca ölç; kuru saatler hatayı küçük gösterir.

4.2 Formüller · basitçe ve sınav

Sitede

- MAE: ortalama kaç mm şaşıyor? RMSE: büyük şaşmalara daha çok kızan ölçü.
- Yanlılık: hep fazla mı diyor, hep az mı?
- Yakalama oranı: olanların kaçını gördü? Yanlış alarm oranı: alarmların kaçı boşa çaldı?
- Nöron: girdileri ağırlıkla çarp, topla, bir aktivasyon fonksiyonundan geçir.
- Sınavda: MAE ≤ RMSE her zaman doğrudur; eşitlik yalnız bütün hatalar aynı büyüklükteyse olur.

💎 **ÖZ:** MAE ortalama şaşma, RMSE büyük şaşmaya duyarlı, yanlılık yön.

4.3 Formüller · gerçek olay

Sitede

2009 Marmara taşkını (örnek sayılarla)

- Olayın saatlik gidişine benzeyen altı saatlik bir örnek düşün: gözlem 0, 2, 8, 15, 6, 1 mm/h.
- Ham tahmin 0, 1, 4, 9, 7, 3 mm/h: pik küçük ve sonrası fazla. Düzeltilmiş tahmin 0, 2, 6, 12, 6, 2 mm/h.
- Python ile: ham MAE ≈ 2,33, düzeltilmiş MAE ≈ 1,00 mm/h; göreli iyileşme ≈ %57. RMSE 3,11 → 1,53 mm/h.
- Sayılar öğretici örnektir; olayın gerçek ölçüm değerleri değildir.

💎 **ÖZ:** Düzeltmenin değeri en çok pik saatinde görünür.

4.3b Formüller · olay pratiği

Sitede

Düzeltme en büyük katkıyı hangi saatte yaptı ve bu, MAE ile RMSE'nin düşüşüne nasıl yansıdı?

Cevap:

- En büyük kazanç pik saatinde (4. saat): mutlak hata 6 → 3 mm/h. RMSE mutlak değerce 1,58 mm/h, MAE 1,33 mm/h düştü: büyük hata karesiyle sayıldığı için pik saatindeki düzeltme RMSE'ye daha çok yansır.

💎 **ÖZ:** Pik saatindeki büyük hatayı küçültmek, RMSE'yi mutlak değerce daha çok düşürür.

4.4a Ortalama mutlak hata ve yanlılık

Sitede

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\hat{y}_i - y_i\right|$$

$$\mathrm{B} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{y}_i - y_i\right)$$

MAE, tahmin ile gözlem farklarının mutlak değerlerinin ortalamasıdır; yanlılık aynı farkların işaretli ortalamasıdır.

💎 **ÖZ:** MAE ne kadar şaştığını, yanlılık hangi yöne şaştığını söyler.

4.4a Ortalama mutlak hata ve yanlılık • terimler

Sitede

Terimler — tek tek:

- $\hat{y}_i$ — i. saatin tahmini (mm/h)
- y_i — i. saatin gözlemi (mm/h)
- **n** — saat sayısı (–)
- **B** — yanlılık: artı fazla, eksi eksik tahmin (mm/h)

💎 **ÖZ:** MAE ne kadar şaştığını, yanlılık hangi yöne şaştığını söyler.

4.4a Örnek

Sitede

Gözlem 0, 2, 8, 15, 6, 1; ham tahmin 0, 1, 4, 9, 7, 3 mm/h. MAE ve yanlılık nedir?

Çözüm:

1. Hatalar (tahmin − gözlem): 0, −1, −4, −6, +1, +2
2. Mutlak toplam 14 → MAE = 14/6 ≈ 2,33 mm/h
3. İşaretli toplam −8 → yanlılık = −8/6 ≈ −1,33 mm/h: tahmin ortalamada eksik

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: MAE ≈ 2,33 mm/h, yanlılık ≈ −1,33 mm/h.

4.4b Kök ortalama kare hata (RMSE)

Sitede

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\hat{y}_i - y_i\right)^2}$$

Terimler — tek tek:

- $\hat{y}_i$ — i. saatin tahmini (mm/h)
- y_i — i. saatin gözlemi (mm/h)
- **n** — saat sayısı (–)

💎 **ÖZ:** RMSE ile MAE arasındaki fark büyükse birkaç büyük hata var demektir.

4.4b Örnek

Sitede

Aynı ham seride RMSE nedir? Düzeltilmiş tahmin (0, 2, 6, 12, 6, 2 mm/h) için RMSE ne olur?

Çözüm:

1. Ham hataların kareleri: 0, 1, 16, 36, 1, 4 → toplam 58
2. Ham RMSE = √(58/6) ≈ 3,11 mm/h (MAE 2,33'ten büyük)
3. Düzeltilmiş kareler: 0, 0, 4, 9, 0, 1 → toplam 14
4. Düzeltilmiş RMSE = √(14/6) ≈ 1,53 mm/h

💎 **ÖZ:** Sonuç: RMSE 3,11 → 1,53 mm/h.

4.4c Yakalama oranı, yanlış alarm ve CSI

Sitede

$$\mathrm{POD} = \frac{a}{a+c}$$

$$\mathrm{FAR} = \frac{b}{a+b}$$

$$\mathrm{CSI} = \frac{a}{a+b+c}$$

Yakalama oranı isabetlerin gerçekleşen olaylara oranı, yanlış alarm oranı yanlış alarmların bütün alarmlara oranı, CSI ise isabetlerin isabet, yanlış alarm ve kaçırma toplamına oranıdır.

💎 **ÖZ:** Yakalama oranı tek başına yetmez; yanlış alarm oranıyla birlikte okunur.

4.4c Yakalama oranı, yanlış alarm ve CSI · terimler

Sitede

Terimler — tek tek:

- **a** — isabet: olay tahmin edildi ve oldu (adet)
- **b** — yanlış alarm: tahmin edildi, olmadı (adet)
- **c** — kaçırma: oldu ama tahmin edilmedi (adet)
- **d** — doğru ret: ikisi de yok; bu üç ölçüte girmez (adet)

💎 **ÖZ:** Yakalama oranı tek başına yetmez; yanlış alarm oranıyla birlikte okunur.

4.4c Örnek

Sitede

Eşik 5 mm/h: 18 isabet, 7 yanlış alarm, 6 kaçırma. POD, FAR ve CSI nedir?

Çözüm:

1. POD = 18/(18 + 6) = 0,75: gerçekleşen olayların dörtte üçü yakalandı
2. FAR = 7/(18 + 7) = 0,28: alarmların yaklaşık dörtte biri boşa çaldı
3. CSI = 18/(18 + 7 + 6) = 0,58

💎 **ÖZ:** Sonuç: POD 0,75 · FAR 0,28 · CSI 0,58.

4.4d Normalleştirme (z-puanı)

Sitede

$$z = \frac{x - \mu_e}{\sigma_e}$$

Terimler — tek tek:

- **x** — ham değer (ör. sıcaklık) (°C)
- μ_e — eğitim kümesinin ortalaması (°C)
- σ_e — eğitim kümesinin standart sapması (°C)
- **z** — normalleştirilmiş değer (–)

💎 **ÖZ:** Ortalama ve standart sapma yalnız eğitim verisinden alınır.

4.4d Örnek

Sitede

Eğitimde sıcaklık ortalaması 12 °C, standart sapması 5 °C. 18 °C ve testte görülen 30 °C kaç z eder?

Çözüm:

1. 18 °C: (18 – 12)/5 = 1,2
2. 30 °C: (30 – 12)/5 = 3,6 → eğitimde çok nadir bir değer
3. Model eğitimde görmediği aralıkta güvenilmez olabilir; bu durum raporlanmalıdır

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: z = 1,2 ve 3,6; aşırı değerler dikkatle yorumlanır.

4.4e Yapay nöron ve gizli katman

Sitede

$$h_j = f\left(\sum_k w_{jk}\, x_k + b_j\right)$$

$$f(z) = \max(0,\, z)$$

Terimler — tek tek:

- x_k — k. girdi (normalleştirilmiş) (–)
- w_{jk} — ağırlık (–)
- b_j — eşik terimi (–)
- **f** — aktivasyon fonksiyonu (ReLU) (–)
- h_j — j. gizli nöronun çıktısı (–)

💎 **ÖZ:** Nöron = ağırlıklı toplam + eşik + aktivasyon.

4.4e Örnek

Sitede

x = (0,8; 0,6; −0,2), w = (0,5; 1,2; −0,7), b = 0,1. Nöronun ReLU çıktısı nedir? b = −1,5 olsaydı?

Çözüm:

1. Ağırlıklı toplam: 0,40 + 0,72 + 0,14 = 1,26
2. b = 0,1: z = 1,36 → ReLU çıktısı 1,36
3. b = −1,5: z = −0,24 → ReLU çıktısı 0: nöron bu girdide sessiz kalır

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: 1,36 ve 0.

4.4f Kayıp fonksiyonu ve gradyan adımı

Sitede

$$L = \frac{1}{n}\sum_{i}\left(\hat{y}_i - y_i\right)^2 + \lambda \sum_{k} w_k^2$$

$$w \leftarrow w - \eta \frac{\partial L}{\partial w}$$

Kayıp, ortalama kare hata ile ağırlıkların kareleri toplamının lambda katının toplamıdır; her adımda ağırlık, öğrenme oranı çarpı gradyan kadar azaltılır.

💎 **ÖZ:** Ağırlık gradyanın tersine küçük adımlarla ilerler; ceza ağırlıkları küçük tutar.

4.4f Kayıp fonksiyonu ve gradyan adımı · terimler

Sitede

Terimler — tek tek:

- **L** — kayıp: ortalama kare hata + ceza (–)
- λ — L2 düzenlileştirme katsayısı (–)
- η — öğrenme oranı (–)
- **∂L/∂w** — kaybın ağırlığa göre türevi (gradyan) (–)

💎 **ÖZ:** Ağırlık gradyanın tersine küçük adımlarla ilerler; ceza ağırlıkları küçük tutar.

4.4f Örnek

Sitede

w = 0,80, gradyan 0,50, öğrenme oranı 0,10: yeni ağırlık nedir? Doğrulama kaybı 0,42; 0,39; 0,38; 0,40; 0,43 ise erken durdurma hangi dönemi seçer?

Çözüm:

1. Yeni ağırlık: 0,80 − 0,10 × 0,50 = 0,75
2. En küçük doğrulama kaybı 0,38 → 3. dönem
3. Sabır 2 ise eğitim 5. dönemde durur ve 3. dönemin ağırlıklarına dönülür

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: w = 0,75; seçilen dönem 3.

4.4g Basit istatistiksel düzeltme

Sitede

$$\hat{P}_d = \alpha + \beta\,\hat{P}_h$$

$$\beta = \frac{\mathrm{cov}(\hat{P}_h,\, P_o)}{\mathrm{var}(\hat{P}_h)}$$

$$\alpha = \bar{P}_o - \beta\,\bar{P}_h$$

Düzeltilmiş yağış, ham yağışın beta katına alfa eklenerek bulunur; beta, ham yağış ile gözlemin kovaryansının ham yağışın varyansına oranı, alfa ise gözlem ortalamasından beta çarpı ham ortalamanın çıkarılmasıdır.

💎 **ÖZ:** Basit düzeltme, sinir ağının yenmesi gereken referanstır.

4.4g Basit istatistiksel düzeltme · terimler

Sitede

Terimler — tek tek:

- $\hat{P}_h$ — ham model yağışı (mm/h)
- $\hat{P}_d$ — düzeltilmiş yağış (mm/h)
- P_o — gözlenen yağış (mm/h)
- $\alpha,\ \beta$ — eğitim verisinden en küçük karelerle bulunan katsayılar (–)

💎 **ÖZ:** Basit düzeltme, sinir ağının yenmesi gereken referanstır.

4.4g Örnek

Sitede

Eğitim çiftleri (ham → gözlem): 1 → 1,5; 2 → 2,5; 4 → 5,5; 6 → 8,0; 8 → 10,5 mm/h. α ve β nedir; ham 5 mm/h kaç olur?

Çözüm:

1. Ortalamalar: ham 4,2, gözlem 5,6 mm/h
2. $\beta = 42{,}90 / 32{,}80 \approx 1{,}308$
3. $\alpha = 5{,}6 - 1{,}308 \times 4{,}2 \approx 0{,}107$ mm/h
4. Ham 5 mm/h → $0{,}107 + 1{,}308 \times 5 \approx 6{,}65$ mm/h: model bu örnekte yağışı düzenli olarak eksik veriyor

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: $\beta \approx 1{,}31$, $\alpha \approx 0{,}11$; 5 → 6,65 mm/h.

4.4h Pik akım ve pik zamanı hatası

Sitede

$$\Delta Q_p = 100\,\frac{\hat{Q}_p - Q_p}{Q_p}$$

$$\Delta t_p = \hat{t}_p - t_p$$

Terimler — tek tek:

- Q_p — gözlenen pik akım (m³/s)
- $\hat{Q}_p$ — tahmin edilen pik akım (m³/s)
- t_p — gözlenen pik zamanı (saat)
- $\hat{t}_p$ — tahmin edilen pik zamanı (saat)

💎 **ÖZ:** Uyarı için pikin zamanı en az büyüklüğü kadar önemlidir.

4.4h Örnek

Sitede

Gözlenen pik 6. saatte 42 m^3/s, tahmin piki 7. saatte 36 m^3/s. Pik hatası ve pik zamanı hatası nedir?

Çözüm:

1. Pik hatası: 100 × (36 – 42)/42 = –14,3 → tahmin piki %14,3 küçük
2. Pik zamanı hatası: 7 – 6 = +1 saat: tahmin geç
3. Uyarı açısından geç ve küçük pik en tehlikeli hata türüdür

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: Pik hatası –%14,3; pik zamanı hatası +1 saat.

4.5 Formüller · derste gördüğün

Sitede

- MTO 311E Veri Analizi: ortalama, standart sapma, korelasyon, en küçük kareler; MAE, RMSE ve regresyonun istatistik temeli.
- MTO 316 kalibrasyon (S38): pik hatası yüzdesi, NSE ve hacim yanlılığı (PBIAS); akım tarafındaki ölçütlerin ders karşılığı.
- Araştırma sayfasındaki bölgesel değerlendirme: POD, FAR ve CSI'nin gerçek olaylarda nasıl okunduğu.
- Akademi: RMSE, yanlılık, korelasyon ve en küçük kareler ansiklopedi maddeleri.

Sitede bağlar: Akademi · MTO 311E Veri Analizi · MTO 316 Kalibrasyon · Yucel ve Onen (2014) · POD, FAR, CSI · Akademi · RMSE · Akademi · Yanlılık · Akademi · En küçük kareler · Akademi · Korelasyon

---

💎 **ÖZ:** Ders ölçütleri ile proje ölçütleri aynı aileden: hata, yanlılık, pik.

4.6 Formüller · senin sıran

Sitede

Kendi küçük örneğini kur: dört saatlik gözlem ve tahmin yaz (mm/h), elle MAE, RMSE ve yanlılığı hesapla; sonra hangisinin neyi anlattığını bir cümleyle yaz.

Kontrol:

- Kontrol: önce hataları (tahmin – gözlem) yaz, sonra mutlak değer ve karelerini al.
- MAE ≤ RMSE çıkmalı; çıkmıyorsa bir işlem hatası var.
- Yanlılık negatifse tahmin ortalamada eksik kalıyor demektir.

💎 **ÖZ:** Elle bir kez hesapla; formül o zaman yerine oturur.

5 İzlenecek yol

Sitede

Akış: veri → eşleştirme ve kalite kontrol → olay seçimi ve ayrım → dört yağış yaklaşımı → 1 ve 3 saat ileri akım/seviye modeli → değerlendirme → kod, tablolar ve kısa rapor.

The **workflow** goes from data and quality control to four rainfall methods, a flow model and a final **evaluation**.

Dört iş paketi: veri ve havza; yağış düzeltme; akım/seviye tahmini; olay bazlı karşılaştırma ve kodun tamamlanması.

Four **work packages** cover data, rainfall correction, flow forecasting and **event-based** comparison.

B planı: akım ya da seviye verisi yetersizse kapsam yağış düzeltmesine ve belgelenmiş taşkın olaylarının analizine iner.

If flow data are not enough, a **backup plan** limits the work to rainfall correction and **documented** flood events.

💎 **ÖZ:** Her adımın bir çıktısı var; çıktısı olmayan adım bitmemiştir.

5.A Veriden tabloya (adım 1–3)

Sitede

- **Havza ve çıkış noktası:** DEM'den akış yönü ve akış birikimi çıkarılır; çıkış noktası akım ya da seviye ölçülen uygun bir kesittir.
- **Veri erişimi:** Saatlik istasyon yağışı, arşiv sayısal tahmin (yağış, sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr), akım ya da su seviyesi, DEM ve arazi örtüsü toplanır; erişim izinleri ilk aylarda netleşir.
- **Eşleştirme:** Bütün seriler tek zaman adımına (saat), tek saat dilimine (UTC) ve denetlenmiş birimlere getirilir; ızgara değeri istasyona ya da havza ortalamasına indirgenir; her satıra öncü süre etiketi eklenir.

💎 **ÖZ:** Önce havza, sonra veri, sonra tek tablo.

5.B Temizlikten modele (adım 4–6)

Sitede

- **Kalite kontrol:** Kısa boşluklar dikkatle doldurulur, uzun boşluklu dönemler dışarıda kalır; aşırı değerler veri hatası olduğu gösterilmeden atılmaz.
- **Olaylar ve ayrım:** Yağış olayları tanımlanır; olaylar zaman sırasıyla eğitim, doğrulama ve test kümelerine ayrılır; bir olayın bütün saatleri tek kümede kalır.
- **Yağış düzeltme:** Ham, basit istatistiksel, yalnız yağışlı sinir ağı ve fiziksel değişkenli sinir ağı; aynı mimari, aynı eğitim kuralları.

💎 **ÖZ:** Olayın tamamı tek kümede; dört yöntem aynı kurallarla.

5.C Tahminden rapora (adım 7–9)

Sitede

- **Akım/seviye tahmini:** Aynı sinir ağı yapısı; girdiler gecikmeli akım/seviye, gözlenen yağış ve tahmin yağışı (ham ya da düzeltilmiş); çıktılar 1 ve 3 saat ileri.
- **Değerlendirme:** Yağışta MAE, RMSE, yanlılık ve eşik üstü yakalama oranı; akımda MAE, RMSE, pik ve pik zamanı hatası; şiddetli yağış alt kümesi ve olay olay tablo.
- **Çıktılar:** Açıklamalı kod iş akışı (veriden tabloya), sonuç tabloları ve kısa teknik rapor; sınırlılıklar açıkça tartışılır.

💎 **ÖZ:** Ölçütler olay olay ve şiddetli yağışta ayrı hesaplanır.

5.D İş paketleri ve zaman planı

Sitede

- **İP1 · Ay 1–2 · %20:** Veri erişimi, havza sınırı, eşleştirme ve eksik veri kontrolü → Erişim durumu ve eksik veri tablosu
- **İP2 · Ay 3–6 · %30:** Yağış düzeltme: ham, istatistiksel, iki sinir ağı → Dört yaklaşımın test skorları
- **İP3 · Ay 6–9 · %30:** 1 ve 3 saat ileri akım/seviye tahmini → 2 öncü süre × 2 yağış girdisi tablosu
- **İP4 · Ay 9–12 · %20:** Olay bazlı karşılaştırma ve kodun tamamlanması → Olay tablosu ve çalışan kod

Ay 1 sonuçların ilan edildiği aydır; katkı yüzdeleri iş paketlerinin projedeki yaklaşık ağırlığıdır.

💎 **ÖZ:** Sıra: veri → yağış → akım → karşılaştırma.

5.1 Yol · akademik (1/2)

Sitede

- Zaman serisinde rastgele karıştırma yapılmaz: ardışık saatler birbirine çok benzer (otokorelasyon) ve rastgele ayrım test başarısını yapay olarak şişirir. Kronolojik ve olay temelli ayrım bu sızıntıyı önler.
- Model seçimi (katman sayısı, öğrenme oranı, düzenlileştirme) yalnız doğrulama kümesine bakılarak yapılır; test kümesi bir kez, en sonda kullanılır.
- 1 saat ileri su seviyesi tahmininde kalıcılık (seviye bir saat sonra da aynı kalır) çok güçlü bir basit referanstır; literatürde veri güdümlü modellerin değeri çoğu zaman bu referansa karşı da gösterilir.
- Izgara–nokta temsil farkı: sayısal tahmin bir ızgara kutusunun ortalamasını verir, istasyon tek noktayı ölçer. Eşleştirmede en yakın ızgara noktası, çevre ortalaması ya da havza ortalaması seçenekleri karşılaştırılabilir.
- Saat dilimi ve biriktirme: tahmin çıktıları çoğunlukla UTC'dedir ve yağış başlangıçtan itibaren birikmiş verilir; saatlik değer ardışık birikimlerin farkıdır.

💎 **ÖZ:** Zaman serisinde rastgele karıştırma bilgi sızıntısıdır.

5.1 Yol · akademik (2/2)

Sitede

- Her adımın çıktısı bir dosya ve bir tablodur; böylece iş akışı baştan sona yeniden çalıştırılabilir ve sonuçlar denetlenebilir.

💎 **ÖZ:** Zaman serisinde rastgele karıştırma bilgi sızıntısıdır.

5.2 Yol · basitçe ve sınav

Sitede

- Yemek tarifi gibi: malzeme (veri) → hazırlık (temizlik) → aynı fırında dört tarif (yöntemler) → tadım (test) → tarif defteri (rapor).
- Önce havzanın sınırını çiz, sonra o sınırın içine düşen veriyi topla.
- Bütün veriyi aynı saate ve aynı birime getir; yoksa elma ile armut karşılaştırılır.
- Sınav provası (doğrulama) ile asıl sınavı (test) ayrı tut.
- Hakem sorusu: «Akım verisi bulunamazsa?» → «B planı: yağış düzeltmesi ve belgelenmiş olaylar.»

💎 **ÖZ:** Prova ile sınav ayrı tutulur.

5.3 Yol · gerçek olay

Sitede

2017 İstanbul sağanağı ve dolu fırtınası

- 2017'de İstanbul'da kısa süreli, çok yerel bir sağanak ve iri dolu sokakları dakikalar içinde su altında bıraktı.
- Olay temelli ayrım pratiği: bu olayın bütün saatleri tek bir kümeye konur; ilk yarısı eğitimde, ikinci yarısı testte olursa model olayı «tanır» ve başarı şişer.
- Kronolojik pratik: olaydan önceki dönem eğitim ve doğrulama, sonrası test olur.
- Şiddetli yağış alt kümesi: bu tür kısa ve yoğun olaylar ayrı tabloda değerlendirilir (2. araştırma sorusu).

💎 **ÖZ:** Bir olayın saatleri kümeler arasında bölünmez.

5.3b Yol · olay pratiği

Sitede

Bir olayın 10 saatinden 7'si eğitimde, 3'ü testte olursa sonuçlar neden fazla iyi çıkar?

Cevap:

- Ardışık saatler birbirine çok benzer; model test saatlerinin hemen öncesini eğitimde görmüş olur.
- Bu bir bilgi sızıntısıdır; olayın tamamı tek kümede olmalıdır.

💎 **ÖZ:** Sızıntı başarıyı şişirir; dürüst sonuç için olay bütün kalmalı.

5.4a Öncü süreli tahmin denklemi

Sitede

$$\hat{y}(t+\tau) = F\big(\, y(t),\, y(t-1),\, y(t-2),\, P(t),\, \hat{P}(t+1), \ldots, \hat{P}(t+\tau)\big)$$

Terimler — tek tek:

- $\hat{y}(t+\tau)$ — tahmin edilen akım ya da seviye (m³/s ya da m)
- $y(t-k)$ — geçmiş gözlemler (gecikmeli girdiler) (m³/s ya da m)
- $P(t)$ — gözlenen yağış (mm/h)
- $\hat{P}$ — tahmin yağışı (ham ya da düzeltilmiş) (mm/h)
- $\mathcal{T}$ — öncü süre: 1 ya da 3 (saat)

💎 **ÖZ:** Öncü süre uzadıkça tahmin yağışının girdideki payı artar.

5.4a Örnek

Sitede

Üç gecikmeli seviye, bir gözlenen yağış ve öncü süre kadar tahmin yağışı kullanılıyor. $\tau = 1$ ve $\tau = 3$ saat için girdi sayısı ve tahmin yağışının payı nedir?

Çözüm:

1. $\tau = 1$: $3 + 1 + 1 = 5$ girdi; tahmin yağışının payı $1/5 = \%20$
2. $\tau = 3$: $3 + 1 + 3 = 7$ girdi; pay $3/7 \approx \%43$
3. Öncü süre uzadıkça sonuç tahmin yağışına daha çok bağlanır; düzeltmenin etkisinin 3 saatte daha belirgin olması beklenebilir

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: 5 ve 7 girdi; pay %20 → %43.

5.5 Yol · derste gördüğün

Sitede

- HEC-HMS ödevlerinde (HW1–HW2) model kurma sırası: havza modeli → meteorolojik model → kontrol ayarları → benzetim → gözlemle karşılaştırma. Buradaki iş akışı aynı disiplini veri güdümlü modele taşır.
- HW3 (GIS): DEM'den alt havza çıkarma; çukur doldurma → akış yönü ve birikim → dere eşiği → bölme noktaları → elemanları ayırma. Adım 1 budur.
- MTO 316 öteleme ve HW2 adımları (S37): modelin parçalarını sırayla kurup her parçayı ayrı denetleme alışkanlığı.

Sitede bağlar: HEC-HMS Okulu · HW1 · HEC-HMS Okulu · HW2 · HEC-HMS Okulu · HW3 (GIS) · MTO 316 Öteleme ve HW2 adımları · MTO 316 HW3: araziden alt havzaya · Akademi · Kod atölyesi · Yucel ve Onen (2014) · çalışma alanı

💎 **ÖZ:** HEC-HMS disiplini: kur → çalıştır → gözlemle karşılaştır.

5.6 Yol · senin sıran

Sitede

Dokuz adımı kendi cümlenle tek satıra indir ve her adımın yanına çıktısını yaz.

Kontrol:

- 1 havza sınırı · 2 veri envanteri · 3 tek tablo · 4 eksik veri raporu · 5 olay listesi.
- 6 dört yağış serisi · 7 1 ve 3 saat ileri tahminler · 8 sonuç tabloları · 9 kod ve rapor.

💎 **ÖZ:** Adım = iş + kontrol + çıktı.

6 Bilinmesi gereken ön bilgiler

Sitede

Hidrolojinin temeli su bütçesidir: giren su eksi çıkan su, depodaki değişime eşittir.

The basis of hydrology is the water **balance**: inflow minus outflow equals the change in **storage**.

Sayısal tahmin bir ızgara kutusunun ortalamasını verir, istasyon ise tek noktayı ölçer: ikisi aynı şeyi ölçmez.

A model gives a grid-box **average**, while a gauge measures one **point**, so they do not measure the same thing.

Makine öğrenmesinde altın kural: test verisi hiçbir kararda kullanılmaz.

In machine learning the golden rule is that test data are never used for any **decision**.

Araçlar: Python (pandas, NumPy, scikit-learn ya da PyTorch), QGIS ve sürüm denetimi için git.

The **tools** are Python libraries, QGIS for maps and git for **version control**.

💎 **ÖZ:** Model kutusu ve istasyon farklı şeyler ölçer.

6.1 Ön bilgi · akademik

Sitede

- Su bütçesi: P = Q + ET + ΔS. Olay ölçeğinde (saatler) buharlaşma küçüktür; yağışın akışa geçmeyen kısmı tutulma, sızma ve yüzey depolamasıdır.
- Yağış dağılımı çarpıktır ve sıfırda yığılır; log(1 + P) gibi dönüşümler, ağırlıklı kayıp ya da ıslak saatlere odaklı ölçütler sık kullanılır.
- Zaman serisi otokorelasyonu: bir saatteki seviye bir sonrakine çok benzer; bağımsızlık varsayımı zayıftır ve rastgele ayrım yanıltıcıdır.
- Sayısal tahmin çıktısı: ızgara aralığı (ör. küresel modelde 25 km mertebesi, bölgesel modelde 1–3 km), öncü süre, başlangıç zamanı (UTC), birikimli alanlar; birim dönüşümü 1 kg m^{-2} = 1 mm.
- İstatistik temeli: ortalama, varyans, korelasyon, en küçük kareler regresyonu; iki yöntemin farkının belirsizliği için önyükleme (*bootstrap*) güven aralığı kullanılabilir.
- Makine öğrenmesi temeli: yanlılık–varyans dengesi, aşırı öğrenme, doğrulama eğrisi, erken durdurma; küçük veride küçük model.

💎 **ÖZ:** Yağış çarpık ve sıfırda yığılı bir değişkendir.

6.2 Ön bilgi · basitçe ve sınav

Sitede

- Su bütçesi = cüzdan: gelen para – harcanan = birikim.
- Model kutusu 10 km ise içinde bir mahalle sağanak alırken öteki kuru kalabilir; istasyon yalnız kendi noktasını görür.
- Yağış verisinde saatlerin çoğu sıfırdır; «ortalama hata küçük» demek «sağanağı iyi tuttu» demek değildir.
- Test verisi kasada durur; yalnız en sonda bir kez açılır.
- Birim: 1 mm yağış = metrekareye 1 litre su.

💎 **ÖZ:** Ortalama hata küçük olabilir, sağanak yine de kaçmış olabilir.

6.3 Ön bilgi · gerçek olay

Sitede

2023 Trakya ve İstanbul ani taşkınları

- 2023'te Trakya'da ve İstanbul'un batısında kısa süreli, çok yerel şiddetli yağışlar ani taşkınlara ve can kayıplarına yol açtı.
- Yağışın küçük alanlara yoğunlaşması, birkaç kilometre arayla çok farklı toplamlar demektir: bir istasyon olayı ölçerken komşusu kaçırabilir.
- Temsil farkı pratiği: model ızgarasının ortalaması en şiddetli hücreyi «yayarak» daha düşük gösterir; istasyon ise hücrenin içinde ya da dışında kalır.
- Projeyle bağı: düzeltme modeli bu ölçek farkını da öğrenmek zorundadır; istasyon seçimi ve havza ortalaması kararları bu yüzden önemlidir.

💎 **ÖZ:** Yerel sağanak, ızgara ortalamasında yayılır ve küçülür.

6.3b Ön bilgi · olay pratiği

Sitede

Bir ızgara kutusundaki dört istasyon 2, 3, 4 ve 31 mm ölçtüyse kutu ortalaması nedir ve sağanağı nasıl gösterir?

Cevap:

- Kutu ortalaması (2 + 3 + 4 + 31)/4 = 10 mm; en şiddetli noktadaki 31 mm'nin üçte birinden az. Ortalama yerel sağanağı yayar ve küçültür.

💎 **ÖZ:** Dört istasyondan biri sağanağı görüyorsa ortalama onu üçte birine indirir.

6.4a Yağış derinliğinden hacme ve akıma

Sitede

$$V = P\,A$$

$$\bar{Q} = \frac{C\,P\,A}{\Delta t}$$

Terimler — tek tek:

- **P** — yağış derinliği (m)
- **A** — havza alanı (m²)
- **C** — akış katsayısı: akışa geçen pay (–)
- Δt — süre (s)
- $\bar{Q}$ — ortalama akım (m³/s)

💎 **ÖZ:** 1 mm × 1 km² = 1 000 m³; önce birimleri SI'ya çevir.

6.4a Örnek

Sitede

20 km²'lik havzaya 1 saatte 10 mm yağış düşüyor. Hacim ne kadar; tamamı akışa geçseydi ve C = 0,5 olsaydı ortalama akım ne olurdu?

Çözüm:

1. Birimler: 10 mm = 0,010 m; 20 km² = 20 000 000 m²; 1 saat = 3 600 s
2. V = 0,010 × 20 000 000 = 200 000 m³
3. C = 1: Q = 200 000 / 3 600 ≈ 55,6 m³/s
4. C = 0,5: Q ≈ 27,8 m³/s

💎 **ÖZ:** Sonuç: V = 200 000 m³; Q ≈ 55,6 ve 27,8 m³/s.

6.5 Ön bilgi · derste gördüğün

Sitede

- MTO 316 A1–A2: su bütçesi ve akış birimleri; derinlik → hacim → debi zinciri (S4).
- MTO 303E: sonlu farklar, ızgara aralığı ve zaman adımı; model ızgarasının neyi «göremediğini» anlamak için.
- MTO 311E: istatistik ve veri analizi; korelasyon, regresyon, güven aralığı.
- Akademi kod atölyesi: Python ile veri okuma ve basit hesaplar.

Sitede bağlar: MTO 316 Derinlik → hacim → debi · Soru çözümü S4 · MTO 316 Uzun dönem ET · Akademi · Su bütçesi · Akademi · Izgara çözünürlüğü · Akademi · Zaman serisi · Akademi · Kod atölyesi

---

💎 **ÖZ:** Temel sağlamsa model kararları kolaylaşır.

6.6 Ön bilgi · senin sıran

Sitede

Kendini sına: her konunun yanına «biliyorum» ya da «tekrar etmeliyim» yaz: su bütçesi, birim dönüşümü, korelasyon, regresyon, aşırı öğrenme, UTC ve biriktirme.

Kontrol:

- Su bütçesini tek cümleyle yazabiliyor musun? (Giren – çıkan = depo değişimi.)
- 10 mm yağış × 1 km² kaç m³ eder? (10 000 m³.)
- Korelasyon 1'e yakınsa hata küçük müdür? (Hayır; yanlılık olabilir.)

💎 **ÖZ:** Bilmediğini işaretlemek, öğrenmenin ilk adımıdır.

7 Hidrometeoroloji

Sitede

Hidrometeoroloji, atmosferdeki suyun yere inip havzada akışa dönüşmesini inceler; projenin ikinci aşaması bu köprüdür.

Hydrometeorology studies how water in the air **reaches** the ground and becomes **runoff**.

Yağışın bir kısmı tutulur ve sızar, kalanı yüzey akışına geçer; kentleşme kaybı azaltır, piki büyütür ve erkene çeker.

Part of the rain soaks in and the rest runs off; **urbanization** makes the peak larger and **earlier**.

Havzanın tepkisi gecikmeli ve yayılmıştır; 1 ve 3 saat ileri tahmin bu gecikmeden yararlanır.

A basin responds with a **delay**, and short-range forecasts **take advantage of** this delay.

Projede HEC-HMS gibi bir yağış–akış modeli değil sinir ağı kullanılır; ama ağın öğrenmesi gereken davranış yine bu hidrolojidir.

The project uses a neural network instead of a **rainfall–runoff model**, but it must learn the same **behaviour**.

💎 **ÖZ:** Beton kaybı azaltır, piki büyütür ve erkene çeker.

7.1 Hidromet · akademik (1/2)

Sitede

- Akış üretimi (*runoff generation*) iki mekanizmayla açıklanır: Horton tipi (yağış şiddeti sızma kapasitesini aşar; kısa ve şiddetli yağış, kentsel yüzey) ve Dunne tipi (toprak doyar; uzun yağış, vadi tabanı). Kentsel küçük havzada Horton tipi baskındır.
- Kayıp yöntemleri: başlangıç ve sabit kayıp, SCS eğri numarası (öncül nemi CN ile taşır), Green–Ampt (fiziksel sızma). Kentleşme CN'yi büyütür ve akış derinliğini artırır.
- Dönüşüm: birim hidrograf ve Clark yöntemi (öteleme + doğrusal hazne). Toplanma zamanı Tc pikin ne zaman geleceğini, depolama katsayısı R pikin ne kadar yayılacağını belirler.
- Öteleme ve taban akışı: kanalda gecikme (*lag*, Muskingum) ve üstel çekilme; taban akışı zamanla üstel azalır ve hazne sabiti k kadar sürede başlangıç değerinin yaklaşık %37'sine iner.

💎 **ÖZ:** Tc pikin zamanını, R pikin yayvanlığını belirler.

7.1 Hidromet · akademik (2/2)

Sitede

- Neden veri güdümlü model? Küçük kentsel havzada kanalizasyon, menfez ve yatak değişiklikleri fiziksel modelde parametrelemesi zor ayrıntılardır; sinir ağı gecikmeli akım/seviye girdileri üzerinden havzanın o anki durumunu dolaylı öğrenir.
- Değerlendirme dili: hidrolojide NSE, hacim yanlılığı (PBIAS) ve pik hatası yaygındır; proje MAE, RMSE ve pik zamanı hatasıyla bu dile bağlanır.

💎 **ÖZ:** Tc pikin zamanını, R pikin yayvanlığını belirler.

7.2 Hidromet · basitçe ve sınav

Sitede

- Yağmur → bir kısmı toprağa → kalanı dereye. Beton çoksa dereye giden çoğalır.
- Dere yağmurdan biraz sonra yükselir; bu gecikme tahmin için fırsattır.
- Küçük kentsel havzada gecikme kısadır (saatler); bu yüzden 1 ve 3 saat anlamlı öncü sürelerdir.
- Sınavda: Horton = yağış çok hızlı; Dunne = toprak çok dolu.
- R büyürse pik düşer ve yayılır; Tc küçülürse pik erkene gelir.

💎 **ÖZ:** Dere yağmurdan sonra yükselir: gecikme tahmin fırsatıdır.

7.3 Hidromet · gerçek olay

Sitede

2009 Ayamama Deresi taşkını

- 2009 Marmara olayında İstanbul'un batısındaki Ayamama Deresi havzasında kısa sürede yükselen su, yatağa yakın sanayi ve yol alanlarını bastı.
- Hidrolojik okuma: geçirimsiz yüzey oranı yüksek → kayıp az → akış katsayısı büyük; daraltılmış yatak → aynı debi için daha yüksek seviye.
- Bu havza için yayımlanmış bir HEC-HMS modeli, kentsel havzalarda yağış–akış dönüşümünün nasıl parametrelendiğini gösterir (Kazezyılmaz-Alhan vd., 2021).
- Projeyle bağı: Cendere de kentleşmiş bir alt havzadır; pikin büyüklüğü kadar zamanı da kritiktir.

💎 **ÖZ:** Daraltılmış yatak, aynı debiyle daha yüksek su demektir.

7.3b Hidromet · olay pratiği

Sitede

Aynı 50 mm yağışta eğri numarası 75'ten 92'ye çıkarsa (kentleşme) akış derinliği nasıl değişir?

Cevap:

- CN = 75 iken akış ≈ 9,3 mm, CN = 92 iken ≈ 30,7 mm: aynı yağıştan yaklaşık 3,3 kat akış. Hesap ayrıntısı SCS kartında.

💎 **ÖZ:** Kentleşme aynı yağıştan üç kat akış çıkarabilir.

7.4a SCS eğri numarası ile akış

Sitede

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

$$S = \frac{25400}{\mathrm{CN}} - 254$$

$$I_a = 0{,}2\,S$$

Akış derinliği, yağış eksi başlangıç kaybının karesinin, yağış eksi başlangıç kaybı artı en büyük tutmaya bölünmesidir; en büyük tutma eğri numarasından hesaplanır, başlangıç kaybı onun beşte biridir.

💎 **ÖZ:** CN büyüdükçe aynı yağıştan çok daha fazla akış çıkar.

7.4a SCS eğri numarası ile akış · terimler

Sitede

Terimler — tek tek:

- **P** — yağış (mm)
- **Q** — akış derinliği (mm)
- **S** — en büyük tutma (mm)
- I_a — başlangıç kaybı (mm)
- **CN** — eğri numarası: arazi örtüsü + toprak + öncül nem (–)

💎 **ÖZ:** CN büyüdükçe aynı yağıştan çok daha fazla akış çıkar.

7.4a Örnek

Sitede

P = 50 mm için CN = 75 ve CN = 92 durumlarında akış derinliğini hesapla.

Çözüm:

1. CN = 75: S = 25400/75 − 254 = 84,7 mm; Ia = 16,9 mm; Q = $(33,1)^2$ / (117,7) ≈ 9,3 mm
2. CN = 92: S = 22,1 mm; Ia = 4,4 mm; Q = $(45,6)^2$ / (67,7) ≈ 30,7 mm
3. Kentleşme akış derinliğini yaklaşık 3,3 katına çıkardı

💎 **ÖZ:** Sonuç: 9,3 mm → 30,7 mm (≈ 3,3 kat).

7.4b Rasyonel yöntem: küçük alanda pik

Sitede

$$Q_p = \frac{C\,I\,A}{360}$$

Terimler — tek tek:

- Q_p — pik akım (m³/s)
- **C** — akış katsayısı (–)
- **I** — toplanma zamanı süreli yağış şiddeti (mm/h)
- **A** — alan (ha)

💎 **ÖZ:** Rasyonel yöntem yalnız küçük alanda ve yalnız pik için kullanılır.

7.4b Örnek

Sitede

Kentsel bir alanda C = 0,85, I = 45 mm/h, A = 60 ha. Pik akım nedir? Aynı yöntem km² mertebesindeki Cendere için uygun mu?

Çözüm:

1. Q = 0,85 × 45 × 60 / 360 ≈ 6,38 m^3/s
2. Ders kuralı: rasyonel yöntem yalnız küçük alanlar (yaklaşık 80 ha altı) ve yalnız pik için
3. Cendere km² mertebesindedir: zamanlamayı veren hidrograf yöntemi ya da veri güdümlü model gerekir

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: ≈ 6,38 m^3/s; Cendere için uygun değil.

7.4c Doğrusal hazne (Clark) ile gecikme

Sitede

$$O_t = C_A\, I_t + C_B\, O_{t-1}$$

$$C_A = \frac{\Delta t}{R + 0{,}5\,\Delta t}$$

$$C_B = 1 - C_A$$

Çıktı akımı, girdinin C A katı ile bir önceki çıktının C B katının toplamıdır; C A, zaman adımının depolama katsayısı artı yarım zaman adımına oranıdır.

💎 **ÖZ:** Doğrusal hazne piki geciktirir ve basıklaştırır.

7.4c Doğrusal hazne (Clark) ile gecikme · terimler

Sitede

Terimler — tek tek:

- I_t — girdi akımı (m³/s)
- O_t — çıktı akımı (m³/s)
- **R** — depolama katsayısı (saat)
- Δt — zaman adımı (saat)
- $C_A,\ C_B$ — yönlendirme katsayıları (–)

💎 **ÖZ:** Doğrusal hazne piki geciktirir ve basıklaştırır.

7.4c Örnek

Sitede

Δt = 1 saat, R = 2 saat. Girdi 0, 10, 30, 20, 5, 0 m^3/s ise çıktı nedir; pik ne kadar gecikir ve küçülür?

Çözüm:

1. C_A = 1/(2 + 0,5) = 0,4; C_B = 0,6
2. Çıktı: 0,0; 4,0; 14,4; 16,6; 12,0; 7,2 m^3/s
3. Pik 2. saatten 3. saate ötelendi (+1 saat); 30 → 16,6 m^3/s, yaklaşık %45 küçüldü

💎 **ÖZ:** Sonuç: Pik +1 saat gecikti, %45 küçüldü.

7.4d Nash–Sutcliffe verimliliği (NSE)

Sitede

$$\mathrm{NSE} = 1 - \frac{\sum_i \left(Q_{o,i} - Q_{s,i}\right)^2}{\sum_i \left(Q_{o,i} - \bar{Q}_o\right)^2}$$

Terimler — tek tek:

- $Q_{o,i}$ — gözlenen akım (m³/s)
- $Q_{s,i}$ — modelin akımı (m³/s)
- $\bar{Q}_o$ — gözlem ortalaması (m³/s)

💎 **ÖZ:** NSE 1 ise mükemmel; 0 ise model gözlem ortalamasından iyi değil.

7.4d Örnek

Sitede

Gözlem 2, 5, 12, 20, 14, 8, 4; model 2, 4, 10, 22, 15, 7, 4 m^3/s. NSE nedir?

Çözüm:

1. Gözlem ortalaması: 9,29 m^3/s
2. Hata kareleri toplamı: 11; gözlemin ortalamadan sapma kareleri toplamı: 245,4
3. NSE = 1 – 11/245,4 ≈ 0,955: çok iyi

💎 **ÖZ:** Sonuç: NSE ≈ 0,96.

7.5 Hidromet · derste gördüğün

Sitede

Projeyle ilgisi: Doğrudan: projenin ikinci aşamasının fiziği.

- MTO 316 E bölümü: akış mekanizmaları ve hidrograf (E1), rasyonel yöntem (E2), HEC-HMS bileşenleri: kayıp, dönüşüm, taban akışı, öteleme (E3).
- HW1 yeni havza modeli; HW2 basit model ve kalibrasyon (model piki gözlemden geç; NSE ve PBIAS ile değerlendirme); HW3 GIS ile alt havzalar.
- MTO 351 Su Meteorolojisi: havza, su döngüsü ve hidrometeorolojik ölçümün temelleri.
- Dürüst not: HEC-HMS bu projenin yöntemi değildir; derste öğrendiğin yağış–akış mantığı, sinir ağının sonuçlarını fiziksel olarak yorumlamak için kullanılır.

Sitede bağlar: MTO 316 E: akış ve HEC-HMS · MTO 316 Clark doğrusal hazne · MTO 316 SCS-CN ile akış · Soru çözümü S35 · Soru çözümü S41 · HEC-HMS Okulu · HW2 · HEC-HMS Okulu · benzetim · Hidrometeoroloji quiz · Akademi · Yüzey akışı · Akademi · Birim hidrograf · Akademi · MTO 351 Su Meteorolojisi

---

💎 **ÖZ:** HEC-HMS derste anlamak için; projede sinir ağı tahmin eder.

7.6 Hidromet · senin sıran

Sitede

Bir yağış olayının hidrografını çiz (yatay eksen zaman, dikey eksen debi). Üstüne yağış pikini, akım pikini, gecikmeyi ve 1 saat ile 3 saat ileri tahmin anlarını işaretle.

Kontrol:

- Akım piki yağış pikinden sonra gelir; aradaki süre gecikmedir.
- Yükselme kolunda verilen 1 saat ileri tahmin, piki yakalamak için en değerli andır.
- 3 saat ileri tahminde tahmin yağışının payı artar; yağış hatası sonucu daha çok etkiler.

💎 **ÖZ:** Gecikmeyi gör: tahmin o aralıkta işe yarar.

8 Sayısal hava tahmini (1/2)

Sitede

Sayısal hava tahmini atmosferin hareket, kütle, enerji ve nem denklemlerini bir ızgarada adım adım çözer; projede arşivlenmiş tahmin çıktıları kullanılır.

Numerical weather prediction solves the equations of the atmosphere **step by step** on a grid, and the project uses **archived** forecasts.

Yağış, ızgaradan küçük süreçlerin (konveksiyon, bulut mikrofiziği) parametrizasyonuna en duyarlı değişkendir; bu yüzden yanlılık ve konum/zaman hatası taşır.

Rainfall is very **sensitive** to the **parameterization** of processes smaller than the grid.

💎 **ÖZ:** Model yağışı bir ızgara ortalamasıdır ve parametrizasyona duyarlıdır.

8 Sayısal hava tahmini (2/2)

Sitede

Son işleme, model çıktısını geçmiş gözlemlerle karşılaştırıp düzeltir; projedeki dört yaklaşım birer son işleme yöntemidir.

Post-processing corrects model output by learning from past **observations**.

Öncü süre uzadıkça hata büyür; kentsel taşkında önemli olan saatler mertebesindeki öncü sürelerdir.

Errors **grow** with lead time, and urban floods need forecasts a few hours **ahead**.

💎 **ÖZ:** Model yağışı bir ızgara ortalamasıdır ve parametrizasyona duyarlıdır.

8.1 NWP · akademik (1/2)

Sitede

- Model denklemleri: momentum (döner sistemde Newton'un ikinci yasası), süreklilik (kütle), termodinamik enerji ve nem korunumu; durum denklemi ve hidrostatik ya da hidrostatik olmayan yaklaşım.
- Başlangıç koşulu veri özümsemeyle (*data assimilation*) kurulur (gözlem + önceki tahmin); küçük başlangıç hataları kaotik olarak büyür, bu yüzden topluluk (*ensemble*) tahminleri belirsizliği gösterir.
- Sayısal çözüm: sonlu fark ya da spektral yöntemler; açık şemalarda zaman adımı CFL koşuluyla sınırlıdır. WRF zaman adımında üç aşamalı Runge–Kutta kullanır.
- Izgaradan küçük süreçler parametrize edilir: konveksiyon, mikrofizik, sınır tabaka, ışınım, kara yüzeyi. Kaba ızgarada konveksiyon parametrizasyonu yağışı fazla yayar, hafif yağış saatlerini çoğaltır ve pikleri kırpar.

💎 **ÖZ:** Son işleme: modelin düzenli hatasını gözlemden öğrenmek.

8.1 NWP · akademik (2/2)

Sitede

- Son işlemenin gelişimi: model çıktısı istatistiği (MOS, *Model Output Statistics*) ve regresyon → kantil eşleme (*quantile mapping*) → sinir ağları (Rasp ve Lerch, 2018) → derin öğrenme (Rojas-Campos vd., 2023; Hess ve Boers, 2022). Kapsamlı derleme: Vannitsem vd. (2021).
- Fiziksel açıklayıcı değişkenler neden yardımcı olabilir? Bağıl nem doyuma yakınsa yağış olasılığı artar; rüzgâr yönü ve hızı nem taşınımını ve kıyı ya da dağ etkisiyle yükselmeyi taşır; sıcaklık doymuş buhar basıncını ve kararsızlığı etkiler.

💎 **ÖZ:** Son işleme: modelin düzenli hatasını gözlemden öğrenmek.

8.2 NWP · basitçe ve sınav

Sitede

- Model, dünyayı küplere bölen dev bir hesap makinesidir; her küp için «şimdi böyle, birkaç dakika sonra ne olur?» diye sorar.
- Sağanak hücresi küpten küçükse model onu ortalama olarak görür: yağışı geniş alana yayar, piki kırpar.
- Düzeltme: modelin geçmişte nerede, ne kadar şaştığını öğrenip bugünkü tahmine uygulamak.
- Sınavda: Courant sayısı $\nu = c\Delta t/\Delta x \leq 1$ olmazsa açık şema patlar.
- Kısa öncü sürede (0–3 saat) radar ve gözlem tabanlı anlık tahmin de güçlüdür; model ile gözlemi birleştirmek iyi bir yoldur.

💎 **ÖZ:** Küçük sağanak büyük küpte yayılır.

8.3 NWP · gerçek olay

Sitede

2021 Batı Avrupa taşkını

- 2021'de Almanya, Belçika ve Hollanda'da yavaş hareket eden bir kesik alçak, bir–iki günde 100 mm'yi aşan yağış bıraktı; küçük ve dik vadili derelerde rekor taşkınlar yaşandı.
- Uyarı sistemleri olaydan günler önce aşırı yağış sinyali verdi; ama yağışın tam hangi küçük havzaya, ne kadar düşeceği ve dere seviyesinin ne kadar yükseleceği belirsizdi.
- Ders: öncü süre uzadıkça büyük ölçekli sinyal güvenilir, yerel miktar belirsizdir. Saatler kala gelen düzeltilmiş tahmin yerel uyarının asıl malzemesidir.
- Projeyle bağı: 1 ve 3 saat ileri tahmin bu «son kilometre» sorununa odaklanır.

💎 **ÖZ:** Uzak öncüde sinyal, yakın öncüde miktar ve yer.

8.3b NWP · olay pratiği

Sitede

Model üç gün önce «80–150 mm» diyorsa ve olay sabahı «120 mm, şu havzada» diyorsa, kentsel bir dere için uyarı kararı hangisine dayanmalı?

Cevap:

- İkisine birlikte: uzun öncülü sinyal hazırlık (ekip, malzeme, iletişim) içindir.
- Olay günü düzeltilmiş kısa öncülü tahmin ve gözlenen yağış, havza ölçeğinde uyarı ve boşaltma kararının dayanağıdır.

💎 **ÖZ:** Uzun öncü hazırlık için, kısa öncü uyarı kararı için.

8.4a Upwind şeması ve CFL koşulu

Sitede

$$u_i^{n+1} = u_i^n - \nu \left(u_i^n - u_{i-1}^n \right)$$

$$\nu = \frac{c\,\Delta t}{\Delta x} \leq 1$$

Terimler — tek tek:

- u_i^n — i. noktada n. adımdaki nicelik (–)
- **c** — taşıma hızı (rüzgâr) (m/s)
- Δt — zaman adımı (s)
- Δx — ızgara aralığı (m)
- ν — Courant sayısı (–)

💎 **ÖZ:** Δt ≤ Δx / c: ızgara inceldikçe zaman adımı kısalır.

8.4a Örnek

Sitede

$\Delta x = 3$ km, $c = 25$ m/s. En büyük zaman adımı nedir? Izgara 1 km'ye inerse? $v = 0{,}5$ iken $u(i-1) = 1$, $u(i) = 0$ ise bir adım sonra $u(i)$ kaç olur?

Çözüm:

1. $\Delta t \leq \Delta x/c = 3\,000/25 = 120$ s
2. $\Delta x = 1$ km: $\Delta t \leq 1\,000/25 = 40$ s → ızgara inceldikçe zaman adımı kısalır
3. Upwind: $u = 0 - 0{,}5 \times (0 - 1) = 0{,}5$

💎 **ÖZ:** Sonuç: 120 s, 40 s; $u = 0{,}5$.

8.4b Beceri skoru

Sitede

$$\mathrm{SS} = 1 - \frac{\mathrm{MAE}_y}{\mathrm{MAE}_r}$$

Terimler — tek tek:

- MAE_y — değerlendirilen yöntemin hatası (mm/h ya da m)
- MAE_r — referansın hatası (ham tahmin ya da kalıcılık) (aynı birim)
- **SS** — beceri skoru: 1 mükemmel, 0 referans kadar, eksi ise referanstan kötü (–)

💎 **ÖZ:** Beceri skoru sıfırın üstündeyse yöntem referanstan iyidir.

8.4b Örnek

Sitede

Yağışta referans (ham) MAE 2,40, yöntemin MAE'si 2,02 mm/h; su seviyesinde kalıcılık MAE'si 0,12 m, modelinki 0,09 m. İki beceri skoru nedir?

Çözüm:

1. Yağış: SS = 1 – 2,02/2,40 = 0,158 (göreli iyileşmenin yüzde biri)
2. Seviye: SS = 1 – 0,09/0,12 = 0,25: model kalıcılığı yendi
3. SS < 0 çıksaydı yöntem referanstan kötü olurdu

💎 **ÖZ:** Sonuç: SS = 0,16 ve 0,25.

8.4c Birikimli yağıştan saatlik yağışa

Sitede

$$P_s(t) = A(t) - A(t-1)$$

Terimler — tek tek:

- $A(t)$ — tahminin başlangıcından t anına kadar birikmiş yağış (mm)
- $P_s(t)$ — t saatinde düşen yağış (mm/h)

💎 **ÖZ:** Saatlik yağış ardışık birikimlerin farkıdır; negatif fark veri hatasıdır.

8.4c Örnek

Sitede

Birikimli yağış ardışık saatlerde 11,6; 14,2; 17,0; 17,4 mm ise saatlik yağışlar nedir?

Çözüm:

1. Saatlik yağış: 2,6; 2,8; 0,4 mm/h
2. Fark negatif çıksaydı (birikim azalsaydı) veri hatası olurdu
3. Bu işlem eşleştirme adımında (Adım 3) yapılır

💎 **ÖZ:** Sonuç: 2,6; 2,8; 0,4 mm/h.

8.5 NWP · derste gördüğün

Sitede

Projeyle ilgisi: Doğrudan: ham yağış tahmininin kaynağı ve düzeltmenin hedefi.

- MTO 303E: sonlu farklar, açık ve kapalı şemalar, upwind ve Lax–Wendroff, von Neumann kararlılığı, CFL; WRF'in Runge–Kutta 3 zaman adımı.
- MTO 303E pratik: DNS, LES ve RANS ayrımı; WRF'te parametrizasyon fikri.
- Araştırma sayfasındaki makaleler: bölgede model ve uydu yağışının değerlendirilmesi; derin öğrenmeyle yağış düzeltmesi ve hidrolojik etkisi.

Sitede bağlar: MTO 303E Upwind: 2 adım · MTO 303E Açık şema: kararlılık · MTO 303E WRF RK3: 1 adım · MTO 303E WRF · Soru çözümü S31 · CFD temelleri · WRF–HEC-HMS zinciri · Akademi · Parametrizasyon · Akademi · Veri özümseme · Akademi · MOS · Akademi · Adveksiyon benzetimi · Yucel ve Onen (2014) · sonuç · Patakchi Yousefi vd. (2024) · sonuç

💎 **ÖZ:** CFD dersindeki şemalar modelin iç motorudur.

8.6 NWP · senin sıran

Sitede

Projede kullanılacak sayısal tahmin çıktısı için bir kimlik kartı doldur: kaynak, ızgara aralığı, başlangıç saatleri, öncü süreler, yağış birikim biçimi, saat dilimi, kullanılacak değişkenler.

Kontrol:

- Hepsi veri erişimi netleşince doldurulur (İP1).
- Yağış birikimliyse saatlik değer farkla bulunur; negatif fark veri hatasıdır.
- Değişkenler: yağış + sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr (yön ve hız).

💎 **ÖZ:** Verinin kimliğini bilmeden düzeltme yapılmaz.

9 Coğrafi bilgi sistemleri

Sitede

Havza sınırı sayısal yükseklik modelinden (DEM) çıkarılır: çukurlar doldurulur, akış yönü ve akış birikimi hesaplanır, çıkış noktasının yukarısı havza olarak ayrılır.

The basin **boundary** comes from a digital elevation model through flow direction and flow **accumulation**.

Arazi örtüsü ve geçirimsiz yüzey oranı havzanın neden hızlı tepki verdiğini açıklar; sonuçları yorumlamak için kullanılır.

Land cover and the share of **impervious** surface explain why a basin **responds** quickly.

İstasyon yağışından havza ortalamasına geçmek için Thiessen poligonları ya da ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon kullanılır.

Station rainfall becomes a basin average through Thiessen **polygons** or distance-weighted **interpolation**.

Doğru koordinat sistemi şarttır: İstanbul için metre tabanlı UTM 35. dilim (kuzey) uzaklık ve alanı doğru verir.

A metric **coordinate system** such as UTM zone 35N gives correct **distances** and areas.

💎 **ÖZ:** Havza, DEM'de suyun yolu izlenerek çizilir.

9.1 CBS · akademik (1/2)

Sitede

- DEM işleme zinciri: çukur doldurma (yapay çukurlar akışı keser) → D8 akış yönü (her hücre suyunu en dik inişli komşusuna verir) → akış birikimi (bir hücreye akan yukarı hücre sayısı) → dere eşiği → çıkış noktasından havza ayırma.
- Dere eşiği küçültülürse daha çok kol ve daha çok alt havza çıkar; eşik, haritadaki gerçek dere ağıyla karşılaştırılarak seçilir.
- Kentsel alanda DEM tek başına yetmeyebilir: yollar, köprüler, menfezler ve kanallar suyun yolunu değiştirir; gerekirse bilinen dere ağı DEM'e işlenir (*stream burning*).
- Raster işlemleri: yerel (hücre hücre), odak (komşuluk penceresi: eğim, akış yönü), bölgesel (alt havza başına ortalama eğim, geçirimsizlik yüzdesi) ve genel işlemler.
- Alansal yağış: Thiessen poligonları (her noktaya en yakın istasyon), ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (*inverse distance weighting*, IDW), izohiyet; istasyon az ve dağınıksa havza ortalamasının belirsizliği büyür.

💎 **ÖZ:** Kentte DEM yetmez: yol, köprü ve menfez suyun yolunu değiştirir.

9.1 CBS · akademik (2/2)

Sitede

- Koordinat sistemi ve datum: coğrafi (derece) koordinatta alan ve eğim doğru hesaplanmaz; WGS 84 / UTM 35. dilim (kuzey) gibi metre tabanlı bir projeksiyona geçilir ve bütün katmanların aynı sistemde olduğu denetlenir.

💎 **ÖZ:** Kentte DEM yetmez: yol, köprü ve menfez suyun yolunu değiştirir.

9.2 CBS · basitçe ve sınav

Sitede

- DEM = her pikselinde yükseklik yazan dev bir tablo.
- Su yokuş aşağı akar: her piksel suyunu en dik komşusuna verir; buna D8 denir.
- Çok suyun toplandığı pikseller dereyi gösterir; çıkış noktasının yukarısında kalan her şey havzadır.
- Derece ile alan ölçülmez; metreli projeksiyona geç.
- Sınavda: yerel = tek hücre; odak = komşuluk penceresi; bölgesel = alan başına.

💎 **ÖZ:** Su en dik komşuya akar: D8.

9.3 CBS · gerçek olay

Sitede

2021 Batı Karadeniz taşkını

- 2021'de Batı Karadeniz'de günlerce süren yoğun yağış dar ve dik vadilerde ani taşkınlara yol açtı; dere yatağına yakın yapılar yıkıldı, köprüler tıkandı ve çok sayıda can kaybı oldu.
- CBS okuması: vadi tabanındaki düz ve alçak bant DEM'den ayrılabilir; yapıların bu bantla kesişimi bir bindirme (*overlay*) sorgusudur.
- Akış birikimi büyük hücrelerin hemen yanındaki yerleşimler, aynı yağışta en çok risk taşıyanlardır.
- Projeyle bağı: Cendere havza sınırı ve geçirimsiz yüzey oranı aynı araçlarla çıkarılır; sonuçların fiziksel yorumu bu haritalara dayanır.

💎 **ÖZ:** Vadi tabanı ve yapılaşma, aynı yağışta en yüksek risktir.

9.3b CBS · olay pratiği

Sitede

DEM'den çıkardığın dere ağı haritadaki gerçek dereden 200 m sapıyorsa ilk hangi iki adımı kontrol edersin?

Cevap:

- Çukur doldurma ve dere eşiği: yanlış eşik sahte kollar üretir.
- DEM çözünürlüğü ve kentsel engeller (yol dolguları, menfezler): gerekirse bilinen dere ağını DEM'e işle.

💎 **ÖZ:** Sapma varsa önce eşiğe, sonra kentsel engellere bak.

9.4a D8 akış yönü: en dik iniş

Sitede

$$S = \frac{\Delta z}{d}$$

$$d = \Delta x \ \text{ ya da } \ \sqrt{2}\,\Delta x$$

Terimler — tek tek:

- **S** — eğim (m/m)
- Δz — merkez hücre ile komşu arasındaki yükseklik farkı (m)
- **d** — hücre merkezleri arası uzaklık (m)
- Δx — hücre boyutu (m)

💎 **ÖZ:** Çapraz komşuda uzaklık kök iki kat: eğimi doğru böl.

9.4a Örnek

Sitede

10 m'lik DEM, merkez hücre 50 m. Doğu komşu 45 m, güneydoğu 43 m, kuzey ve batı 47 m. Su hangi yöne akar?

Çözüm:

1. Doğu: 5/10 = 0,500
2. Güneydoğu: 7/14,14 = 0,495 (en alçak komşu ama daha uzak)
3. Kuzey ve batı: 3/10 = 0,300
4. En dik iniş → doğu

💎 **ÖZ:** Sonuç: Akış yönü: doğu.

9.4b Thiessen ile alansal yağış

Sitede

$$\bar{P} = \frac{\sum_i A_i P_i}{\sum_i A_i}$$

Terimler — tek tek:

- P_i — i. istasyonun yağışı (mm)
- A_i — i. istasyonun havza içindeki poligon alanı (km²)
- $\bar{P}$ — havza ortalama yağışı (mm)

💎 **ÖZ:** Ağırlık, istasyonun havzada temsil ettiği alandır.

9.4b Örnek

Sitede

Üç istasyonun havza içindeki poligon alanları 4,2; 3,1; 1,7 km², yağışları 22; 35; 18 mm. Thiessen ortalaması ve aritmetik ortalama nedir?

Çözüm:

1. Ağırlıklı toplam: 4,2×22 + 3,1×35 + 1,7×18 = 231,5
2. Toplam alan: 9,0 km² → Thiessen ortalaması ≈ 25,72 mm
3. Aritmetik ortalama: 25,00 mm; fark, istasyonların temsil ettiği alanın eşit olmamasından gelir

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: Thiessen ≈ 25,7 mm, aritmetik 25,0 mm.

9.4c Toplanma zamanı (Kirpich)

Sitede

$$t_c = 0{,}0195\, L^{0{,}77}\, S^{-0{,}385}$$

Terimler — tek tek:

- t_c — toplanma zamanı (dk)
- **L** — en uzun akış yolu (m)
- **S** — ortalama eğim (m/m)

💎 **ÖZ:** Uzun ve az eğimli havza, uzun toplanma zamanı demektir.

9.4c Örnek

Sitede

L = 8 000 m, S = 0,01 için toplanma zamanını hesapla; 1 ve 3 saatlik öncü sürelerle karşılaştır.

Çözüm:

1. $L^{0,77}$ = 1 012; $S^{-0,385}$ = 5,89
2. t_c = 0,0195 × 1 012 × 5,89 ≈ 116 dk ≈ 1,9 saat
3. Pik, yağıştan yaklaşık 2 saat sonra: 1 ve 3 saat ileri tahmin tam bu aralıkta
4. Bağıntı küçük kırsal havzalar için türetildi; kentsel yüzeyde süre daha kısa olabilir. Örnek değerlerdir; Cendere'nin değerleri DEM'den ölçülecek

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: t_c ≈ 116 dk (≈ 1,9 saat).

9.5 CBS · derste gördüğün

Sitede

Projeyle ilgisi: Doğrudan: havza sınırı, alansal yağış ve arazi örtüsü.

- MTO 388: raster ve vektör veri, koordinat sistemleri ve datum (UTM), raster işlemleri (yerel, odak, bölgesel), bindirme, tampon, enterpolasyon.
- MTO 316 HW3 (GIS): DEM'den alt havzaya; D8 yönü sorusu (S39) ve dere eşiğinin alt havza sayısına etkisi.
- CBS rehberi: QGIS'te baskı düzeni, ızgara, ölçek çubuğu ve lejant; projenin çalışma alanı haritası aynı adımlarla hazırlanır.
- MTO 316 alansal ortalama: aritmetik ortalama, Thiessen ve izohiyet (S10–S11).

Sitede bağlar: MTO 316 HW3: araziden alt havzaya · Soru çözümü S39 · MTO 316 Thiessen ve aritmetik ortalama · HEC-HMS Okulu · HW3 · CBS rehberi · QGIS uygulaması · Akademi · MTO 388 Coğrafi Bilgi Bilimi · Akademi · Alansal yağış · Akademi · Enterpolasyon

---

💎 **ÖZ:** Haritada ölçek, kuzey oku ve lejant yoksa sonuç okunmaz.

9.6 CBS · senin sıran

Sitede

Cendere için bir harita planı yaz: hangi katmanlar (DEM, dere ağı, havza sınırı, istasyonlar, arazi örtüsü), hangi koordinat sistemi, haritada hangi öğeler (ölçek, kuzey oku, lejant)?

Kontrol:

- Katmanlar: DEM ve gölgelendirme, dere ağı, havza sınırı, istasyon noktaları, geçirimsiz yüzey.
- Sistem: WGS 84 / UTM 35. dilim (kuzey), metre.
- Öğeler: başlık, ölçek çubuğu, kuzey oku, lejant ve kaynak notu.

💎 **ÖZ:** Önce koordinat sistemi, sonra katmanlar.

10 Bulut ve yağış fiziği (1/2)

Sitede

Yağış için hava doymalı, su buharı yoğuşmalı ve damlalar düşecek kadar büyümelidir; bu üç adım sıcaklığa, neme ve yükselmeye bağlıdır.

Rain needs **saturated** air, condensation and drops that grow large enough to **fall**.

Sıcaklık arttıkça havanın taşıyabileceği su buharı yaklaşık %6–7/K artar (Clausius–Clapeyron); bağıl nem doyuma ne kadar yakın olunduğunu söyler.

Warmer air can **hold** about six to seven percent more water vapour per kelvin, and relative humidity shows how close the air is to **saturation**.

💎 **ÖZ:** Sıcaklık, nem ve rüzgâr yağışın fiziksel ipuçlarıdır.

10 Bulut ve yağış fiziği (2/2)

Sitede

Rüzgâr nemi taşır ve havayı engellerin ya da yakınsamanın üstünde yükseltir; projede sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr bu yüzden açıklayıcı değişkendir.

Wind **transports** moisture and lifts air, so temperature, humidity and wind are used as **predictors**.

Konvektif yağış kısa, yoğun ve yereldir; tahmini ve düzeltilmesi en zor yağış türüdür.

Convective rain is short, **intense** and local, so it is the hardest type to **predict**.

💎 **ÖZ:** Sıcaklık, nem ve rüzgâr yağışın fiziksel ipuçlarıdır.

10.1 Bulut · akademik (1/2)

Sitede

- Doyma ve yoğuşma: yükselen parsel kuru adyabatik oranla (yaklaşık 9,8 K/km) soğur; çiy noktasına inince doyar (yükselme yoğuşma seviyesi), yoğuşma gizli ısı bırakır ve parsel nemli adyabatik oranla soğumaya devam eder.
- Çekirdeklenme: damlalar bulut yoğuşma çekirdekleri (*cloud condensation nuclei*, CCN) üzerinde oluşur; Köhler eğrisi eğrilik (Kelvin) ve çözünen (Raoult) etkilerini birleştirir; kritik yarıçapı aşan damla serbestçe büyür.
- Büyüme: difüzyonla büyüme küçük damlada etkilidir ama yağmur damlası boyutuna ulaşmak için yavaştır; sıcak bulutlarda çarpışma–birleşme, soğuk bulutlarda Bergeron süreci (buz ile su arasındaki doymuş buhar basıncı farkı) yağışı üretir.
- Konveksiyon ve kararsızlık: CAPE (*convective available potential energy*) parselin kaldırma enerjisidir; en büyük yükselme hızı kabaca $\sqrt{(2 \cdot \mathrm{CAPE})}$ ile verilir. Güçlü yükselme kısa sürede çok yağış ve dolu üretir.

💎 **ÖZ:** Damla büyümesini difüzyon başlatır, çarpışma ya da buz süreci bitirir.

10.1 Bulut · akademik (2/2)

Sitede

- Yağışın ölçülmesi: radar yansıtırlığı Z ile yağış şiddeti R arasında üslü deneysel bağıntılar (Marshall–Palmer) vardır, ayrıntısı formül kartında; istasyon ağı seyrek olduğunda radar mekânsal ayrıntı sağlar.
- Proje için anlamı: sıcaklık ve bağıl nem, Clausius–Clapeyron ve doyma üzerinden yağış potansiyelini; rüzgâr ise nem taşınımını ve yükselmeyi temsil eder. Bu değişkenler modelin fiziksel ipuçlarıdır.

💎 **ÖZ:** Damla büyümesini difüzyon başlatır, çarpışma ya da buz süreci bitirir.

10.2 Bulut · basitçe ve sınav

Sitede

- Bulut = soğuyan havada yoğuşan su; yağmur = düşecek kadar büyümüş damla.
- Sıcak hava daha çok nem taşır: 1 derece ısınma yaklaşık %7 daha fazla buhar kapasitesi demektir.
- Bağıl nem %100'e yaklaşınca hava «dolmak üzere» demektir.
- Sağanak bulutu (kümülonimbüs) güçlü yükselmeyle büyür; dolu da buradan gelir.
- Sınavda: CAPE büyük → güçlü yükselme → şiddetli konvektif yağış olasılığı yüksek.

💎 **ÖZ:** 1 derece ısınma, yaklaşık %7 daha fazla nem kapasitesi.

10.3 Bulut · gerçek olay

Sitede

2017 İstanbul dolu fırtınası

- 2017'de İstanbul'da güçlü bir konvektif fırtına iri dolu ve kısa süreli şiddetli sağanak üretti; sokaklar dakikalar içinde su altında kaldı, araçlar ve binalar hasar gördü.
- Fizik okuması: yaz sıcağında nemli ve kararsız hava (yüksek CAPE) → çok güçlü yükselme → donma seviyesinin üstünde büyüyen buz parçacıkları → iri dolu.
- Kısa ve yerel olduğu için böyle bir hücre kaba ızgaralı modelde yayılır ve zayıflar; istasyon ağında da kolayca aradan kaçabilir.
- Projeyle bağı: düzeltme modeli için en zor alt küme budur; 2. araştırma sorusu (şiddetli yağışta iyileşme korunur mu?) tam bu olaylara bakar.

💎 **ÖZ:** Yüksek CAPE: iri dolu ve kısa, yerel sağanak.

10.3b Bulut · olay pratiği

Sitede

CAPE = 1 800 J/kg ise en büyük yükselme hızı yaklaşık kaç m/s'dir? Bu hız dolu oluşumu için ne anlatır?

Cevap:

- $w_{max} \approx \sqrt{(2 \times 1\,800)} = 60$ m/s. Bu teorik bir üst sınırdır (karışma ve yağış yükü hızı düşürür) ama iri doluyu taşıyabilecek kadar güçlü bir yükselme olduğunu gösterir.

💎 **ÖZ:** Teorik yükselme hızı üst sınırdır; gerçek hız daha küçüktür.

10.4a Clausius–Clapeyron: ısınma ve nem

Sitede

$$\ln \frac{e_2}{e_1} = \frac{L_v}{R_v}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

Terimler — tek tek:

- $e_1,\ e_2$ — doymuş buhar basınçları (hPa)
- L_v — buharlaşma gizli ısısı (yaklaşık 2,5 milyon) (J/kg)
- R_v — su buharının gaz sabiti (461,5) (J/(kg·K))
- $T_1,\ T_2$ — sıcaklıklar (K)

💎 **ÖZ:** 1 K ısınma, doymuş buhar basıncını yaklaşık %6–7 artırır.

10.4a Örnek

Sitede

20 °C'de doymuş buhar basıncı 23,4 hPa. 21 °C'de ne olur; artış yüzde kaç?

Çözüm:

1. L_v/R_v = 2,5×10^6 / 461,5 ≈ 5 417 K
2. 1/T_1 − 1/T_2 = 1/293,15 − 1/294,15 ≈ 1,160 × 10^{-5} K^{-1}
3. Üs: 0,0628 → e_2 = 23,4 × 1,0648 ≈ 24,92 hPa
4. Artış ≈ %6,5 (ders kartındaki iki nokta biçiminin saf su hâli)

💎 **ÖZ:** Sonuç: 24,92 hPa, ≈ %6,5 artış.

10.4b Radar: yansıtırlıktan yağışa

Sitede

$$Z = 200\, R^{1,6}$$

$$\mathrm{dBZ} = 10\, \log_{10} Z$$

Terimler — tek tek:

- **Z** — radar yansıtırlığı ($\mathrm{mm}^6\ \mathrm{m}^{-3}$)
- **R** — yağış şiddeti (mm/h)
- **dBZ** — yansıtırlığın desibel değeri (dB)

💎 **ÖZ:** 45 dBZ yaklaşık 23–24 mm/h: şiddetli yağış.

10.4b Örnek

Sitede

Radar 45 dBZ gösteriyor. Z ve yağış şiddeti nedir? Ders kartındaki üslü biçimle (0,036 çarpı 10 üzeri 0,0625·dBZ) karşılaştır.

Çözüm:

1. $Z = 10^{45/10} \approx 31\,623\ \mathrm{mm^6\ m^{-3}}$
2. $R = (Z/200)^{1/1,6} = (158{,}1)^{0,625} \approx 23{,}7$ mm/h
3. Ders biçimi: $0{,}036 \times 10^{2{,}8125} \approx 23{,}4$ mm/h: iki yol aynı sonucu verir
4. Bu şiddet «şiddetli yağış» sınıfındadır

💎 **ÖZ:** Sonuç: R ≈ 23,7 mm/h (ders biçimiyle 23,4).

10.4c CAPE ve en büyük yükselme hızı

Sitede

$$\mathrm{CAPE} \approx g \sum \frac{T_{v,p} - T_{v,e}}{T_{v,e}} \Delta z$$

$$w_{\max} \approx \sqrt{2\,\mathrm{CAPE}}$$

Terimler — tek tek:

- $T_{v,p}$ — parselin sanal sıcaklığı (K)
- $T_{v,e}$ — çevrenin sanal sıcaklığı (K)
- Δz — katman kalınlığı (m)
- **g** — yerçekimi ivmesi (9,81) (m/s²)
- $w_{\max}$ — teorik en büyük yükselme hızı (m/s)

💎 **ÖZ:** En büyük yükselme hızı bir üst sınırdır; gerçek hız daha küçüktür.

10.4c Örnek

Sitede

Üç katman (her biri 1 000 m): parsel–çevre farkı 2, 3, 2 K; çevrenin sanal sıcaklığı 280, 270, 260 K. CAPE ve en büyük yükselme hızı nedir?

Çözüm:

1. Oranlar: 2/280 + 3/270 + 2/260 = 0,0259
2. CAPE ≈ 9,81 × 0,0259 × 1 000 ≈ 255 J/kg
3. w_{max} ≈ √(2 × 255) ≈ 22,6 m/s

💎 **ÖZ:** Sonuç: CAPE ≈ 255 J/kg; w ≈ 23 m/s.

10.5 Bulut · derste gördüğün

Sitede

Projeyle ilgisi: Orta–güçlü: açıklayıcı değişkenlerin (sıcaklık, nem, rüzgâr) fiziksel gerekçesi.

- MTO 229E / 342E K2 kararlılık: kaldırma kuvveti, LCL ve LFC, CAPE ve CIN.
- K5–K6: Clausius–Clapeyron, Kelvin ve Köhler eğrileri, kritik yarıçap. K7: difüzyonla büyüme ve Bergeron. K8: limit hız, çarpışma–birleşme, radar ve Marshall–Palmer.
- K3 dört kaldırma mekanizması: konvektif, orografik, cephesel ve yakınsama; dinamik bölümüyle doğrudan bağlı.
- Bulut fiziği proje rehberi: bulutu tanıma ve yağış süreçleri.

Sitede bağlar: MTO 229/342E CAPE ve CIN · MTO 229/342E dBZ → yağış hızı · MTO 229/342E Çarpışma-birleşme hızı · MTO 229/342E Bergeron süreci · Soru çözümü S10 · Soru çözümü S43 · Bulut fiziği proje rehberi · İspat · Clausius–Clapeyron · İspat · CAPE ve kaldırma · Akademi · Köhler benzetimi · Akademi · MTO 229E Bulut ve Yağış Fiziği

---

💎 **ÖZ:** Bulut fiziği, açıklayıcı değişken seçiminin gerekçesidir.

10.6 Bulut · senin sıran

Sitede

Sıcaklık, bağıl nem ve rüzgârın her biri için «yağışla fiziksel bağı ne?» sorusuna birer cümle yaz; sonra hangisinin 1 saat ileri yağış düzeltmesinde en çok işe yarayacağını tahmin et.

Kontrol listesi bir sonraki sayfada.

💎 **ÖZ:** Her değişkenin yağışla fiziksel bağını bir cümleyle söyleyebilmelisin.

10.6 Bulut · senin sıran · kontrol

Sitede

Kontrol:

- Sıcaklık: doymuş buhar basıncını ve kararsızlığı belirler.
- Bağıl nem: doyuma yakınlığı gösterir; doyuma yaklaştıkça yağış olasılığı artar.
- Rüzgâr: nem taşınımı ve yükselme (yakınsama, dağ etkisi).
- Tahmin: kısa öncüde nem ve rüzgârın daha bilgilendirici olması beklenebilir; bunu sonuçlar gösterecek (değişken önemi sınanabilir).

💎 **ÖZ:** Her değişkenin yağışla fiziksel bağını bir cümleyle söyleyebilmelisin.

11 Atmosfer dinamiği

Sitede

Yağışın motoru yükselen havadır; yükselmeyi alçak seviyede yakınsama, üst seviyede ıraksama ve cephesel ya da orografik zorlama üretir.

The **engine** of rain is rising air, driven by low-level **convergence** and upper-level divergence.

Büyük ölçekte rüzgâr basınç alanıyla dengededir (jeostrofik); dengeden sapma (ageostrofik akış) yakınsama ve dikey hareket doğurur.

On a large scale the wind is **balanced** with the pressure field, and departures from this **balance** create vertical motion.

Süreklilik denklemi yatay yakınsamayı dikey hıza bağlar; rüzgâr alanı bu yüzden yağış için bilgi taşır.

The **continuity equation** links horizontal convergence to vertical **speed**.

Projede dinamik denklemler çözülmez; ama rüzgârın neden açıklayıcı değişken olduğunu ve modelin nerede zorlandığını dinamik açıklar.

The project does not solve these equations, but dynamics **explains** why wind is a useful **predictor**.

💎 **ÖZ:** Yağışın motoru yükselen havadır.

11.1 Dinamik · akademik (1/2)

Sitede

- Hareket denklemi (döner sistemde): ivme = basınç gradyanı kuvveti + Coriolis + sürtünme. Sinoptik ölçekte Rossby sayısı küçüktür ve jeostrofik denge iyi bir ilk yaklaşımdır.
- Termal rüzgâr: jeostrofik rüzgârın yükseklikle değişimi yatay sıcaklık gradyanıyla ilişkilidir; jet akımı ve baroklinik bölgeler buradan çıkar.
- Süreklilik ve dikey hareket: basınç koordinatında süreklilik denklemi yatay ıraksamayı omeganın basınçla değişimine bağlar (formül kartı); alçak seviyede yakınsama yukarı hareket, yani negatif omega demektir.
- Yarı jeostrofik bakış: yükseklikle artan pozitif vortisite adveksiyonu ve sıcak adveksiyon yukarı hareketi destekler (QG omega denklemi; Q vektörü yorumu).
- Kesik alçaklar (*cut-off low*) ana akıştan ayrılıp yavaşlar; aynı bölgeyi günlerce yükselme ve nemle besleyerek uç yağış toplamları üretebilir.

💎 **ÖZ:** Alçakta yakınsama + yüksekte ıraksama = yükselme.

11.1 Dinamik · akademik (2/2)

Sitede

- Nem akısı yakınsaması (*moisture flux convergence*), yani nemli havanın bir bölgede toplanması, uzun süreli yağışın nem kaynağını gösterir; rüzgâr ile nemin birlikte kullanılması bu yüzden anlamlıdır.

💎 **ÖZ:** Alçakta yakınsama + yüksekte ıraksama = yükselme.

11.2 Dinamik · basitçe ve sınav

Sitede

- Hava yükselirse soğur, bulut ve yağış olur; o hâlde asıl soru «havayı ne yükseltir?».
- Yerde rüzgârlar bir noktada toplanırsa (yakınsama) hava yukarı kaçmak zorundadır.
- Yüksek atmosferde hava dağılırsa (ıraksama) aşağıdan hava emilir; bu da yükselmeyi besler.
- Kesik alçak = ana akıştan kopmuş, yerinde sayan bir girdap; günlerce aynı yere yağış demek.
- Sınavda: jeostrofik rüzgâr izobarlara paraleldir; sürtünme yerde rüzgârı alçak basınca doğru saptırır.

💎 **ÖZ:** Rüzgârlar yerde toplanırsa hava yukarı kaçar.

11.3 Dinamik · gerçek olay

Sitede

2023 Daniel fırtınası

- 2023'te Balkanlar ve Yunanistan üzerinde bir blokaj içinde oluşan kesik alçak günlerce aynı bölgede kaldı; Yunanistan'da aşırı yağış toplamları ve geniş taşkınlar görüldü.
- Sistem daha sonra Akdeniz üzerinde tropik benzeri bir siklona (medikan, *medicane*) dönüştü ve Libya'da yıkıcı taşkınlara yol açtı.
- Dinamik okuma: yavaş hareket + sürekli alçak seviye yakınsaması + sıcak denizden gelen nem akısı = aynı yere saatlerce yükselme ve yağış.
- Projeyle bağı: yağışın süresi ve kalıcılığı rüzgâr alanında görünür; fiziksel değişkenli ağın yalnız yağışlı ağdan daha iyi olması beklenen durumlardan biridir.

💎 **ÖZ:** Yerinde sayan kesik alçak, günlerce aynı yere yağış demektir.

11.3b Dinamik · olay pratiği

Sitede

Alçak seviyede ıraksama D = $-2\times10^{-5}\ \mathrm{s}^{-1}$ (yakınsama) 100 hPa kalınlıkta sürüyor. Bu katmanın üstünde ω yaklaşık nedir; hava yükselir mi, çöker mi?

Cevap:

- ω ≈ 0 + (-2×10^{-5}) × 10 000 Pa = −0,2 Pa/s; negatif olduğu için hava yükselir. Dikey hız yaklaşık 1,9 cm/s (ρ ≈ 1,1 kg/m³).

💎 **ÖZ:** ω sıfırdan küçükse hava yükseliyordur.

11.4a Jeostrofik rüzgâr

Sitede

$$V_g = \frac{1}{\rho\, f}\,\frac{\Delta p}{\Delta n}$$

$$f = 2\,\Omega\,\sin\varphi$$

Jeostrofik rüzgâr hızı, basınç gradyanının hava yoğunluğu ile Coriolis parametresinin çarpımına bölünmesidir; Coriolis parametresi iki çarpı Dünya'nın açısal hızı çarpı enlemin sinüsüdür.

💎 **ÖZ:** Sıkışık izobar güçlü rüzgâr demektir; enlem büyüdükçe f büyür.

11.4a Jeostrofik rüzgâr · terimler

Sitede

Terimler — tek tek:

- V_g — jeostrofik rüzgâr hızı (m/s)
- ρ — hava yoğunluğu (kg/m³)
- **f** — Coriolis parametresi (s^{-1})
- $\Delta p/\Delta n$ — izobarlara dik basınç gradyanı (Pa/m)
- Ω — Dünya'nın açısal hızı (s^{-1})
- φ — enlem (derece)

💎 **ÖZ:** Sıkışık izobar güçlü rüzgâr demektir; enlem büyüdükçe f büyür.

11.4a Örnek

Sitede

İstanbul (41° K) üzerinde 300 km'de 4 hPa basınç farkı var; ρ = 1,2 kg/m³. f ve jeostrofik rüzgâr nedir?

Çözüm:

1. f = 2 × 7,292×10^{-5} × sin 41° ≈ 9,57 × 10^{-5} s^{-1}
2. Gradyan: 400 Pa / 300 000 m ≈ 1,33 × 10^{-3} Pa/m
3. V_g = 1,33×10^{-3} / (1,2 × 9,57×10^{-5}) ≈ 11,6 m/s

💎 **ÖZ:** Sonuç: f ≈ 9,57·10^{-5} s^{-1}; V_g ≈ 11,6 m/s.

11.4b Süreklilik ve kinematik omega

Sitede

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0$$

$$\omega(p) = \omega(p_s) - \int_{p_s}^{p} D\, dp'$$

Terimler — tek tek:

- **u, v** — yatay rüzgâr bileşenleri (m/s)
- ω — basınç koordinatında dikey hız (eksi ise yükselme) (Pa/s)
- **D** — yatay ıraksama (eksi ise yakınsama) (s^{-1})
- p_s — katmanın alt sınırındaki basınç (Pa)

💎 **ÖZ:** Omega negatifse hava yükseliyordur; alçakta yakınsama yükselme üretir.

11.4b Örnek

Sitede

Yerden başlayan 500 hPa'lık katmanda yakınsama var: D = −3×10^{-5} s^{-1}, yerde ω = 0. Katmanın üstünde ω ve yaklaşık dikey hız nedir (ρ ≈ 1,1 kg/m³)?

Çözüm:

1. Sabit D için: ω(üst) = ω(yer) + D × Δp
2. ω = 0 + (−3×10^{-5}) × 5 000 Pa = −0,15 Pa/s → negatif: hava yükseliyor
3. w ≈ −ω/(ρ g) = 0,15 / (1,1 × 9,81) ≈ 1,4 cm/s

💎 **ÖZ:** Sonuç: ω ≈ −0,15 Pa/s; w ≈ 1,4 cm/s yukarı.

11.5 Dinamik · derste gördüğün

Sitede

Projeyle ilgisi: Orta: denklemler projede çözülmez; rüzgârın neden açıklayıcı değişken olduğunu açıklar.

- MTO 337 Atmosfer Dinamiği I: döner sistemde hareket, basınç gradyanı ve Coriolis, jeostrofik ve gradyan rüzgârı, termal rüzgâr, süreklilik.
- MTO 340 Atmosfer Dinamiği II: vortisite ve dolaşım, potansiyel vortisite, yarı jeostrofik teori, omega ve Q vektörü, Rossby dalgaları.
- Akademi Öğren ve İspat bölümleri bu konuların adım adım türetimini içerir; Harita Okulu siklonun üst seviyeyle ilişkisini haritada gösterir.
- MTO 229/342E K3: dört kaldırma mekanizması (konvektif, orografik, cephesel, yakınsama).

💎 **ÖZ:** Dinamik, rüzgârın neden açıklayıcı değişken olduğunu söyler.

11.5 Dinamik · derste gördüğün · bağlar

Sitede

Sitede bu bölümden şu kaynaklara gidilir:

- Öğren · Jeostrofik rüzgâr
- Öğren · Süreklilik
- Öğren · Omega
- Öğren · Q vektörü
- İspat · Jeostrofik rüzgâr
- İspat · Kinematik omega
- İspat · Vortisite denklemi
- Akademi · Jeostrofik benzetim
- Akademi · MTO 337 Atmosfer Dinamiği I
- Akademi · MTO 340 Atmosfer Dinamiği II
- Harita Okulu · Siklon ve üst seviye
- MTO 229/342E Dört kaldırma mekanizması

💎 **ÖZ:** Dinamik, rüzgârın neden açıklayıcı değişken olduğunu söyler.

11.6 Dinamik · senin sıran

Sitede

Yükselen havayı üreten dört mekanizmayı yaz ve her biri için İstanbul'da görülebilecek bir örnek ver.

Kontrol:

- Yakınsama: Karadeniz ve Marmara üzerinden gelen akışların buluşması.
- Cephesel kaldırma: soğuk cephe geçişi.
- Orografik kaldırma: Istranca ve kıyı yükseltilerine çarpan nemli kuzeyli akış.
- Konvektif kaldırma: yaz öğleden sonrası ısınmayla oluşan sağanak hücreleri.

💎 **ÖZ:** Dört kaldırma: yakınsama, cephe, dağ, konveksiyon.

12 Sinoptik meteoroloji

Sitede

Sinoptik analiz, yer ve üst seviye haritalarında basınç sistemlerini, cepheleri, çukur ve sırtları, sıcaklık ve nem adveksiyonunu birlikte okur.

Synoptic analysis reads pressure systems, fronts, **troughs** and **ridges** on surface and upper-level maps.

İstanbul'da şiddetli yağış çoğu zaman bir üst seviye çukuru ya da kesik alçakla, Karadeniz veya Marmara üzerinden gelen nemli akışla birlikte görülür.

Heavy rain in Istanbul often comes with an upper-level trough and a **moist flow** from the **sea**.

Projenin 4. sorusu (olaydan olaya benzer mi?) için olaylar sinoptik tipe göre gruplanabilir: cephesel, kesik alçak, yerel konvektif.

For the fourth question, events can be **grouped** by synoptic **type**.

Sinoptik bakış, hangi olayda hangi değişkenin önemli olduğunu yorumlamaya yardım eder.

A synoptic view helps to **interpret** which variable matters in which **event**.

💎 **ÖZ:** Olayları sinoptik tipe göre grupla: sonuçlar tipten tipe değişebilir.

12.1 Sinoptik · akademik

Sitede

- Yer haritası: izobarlar, alçak ve yüksek merkezler, cepheler; basınç gradyanı rüzgârın şiddetini, sürtünme rüzgârın izobarı kesme açısını belirler (Buys-Ballot kuralı).
- 850 hPa: sıcaklık ve nem adveksiyonu; sıcak adveksiyon yükselmeyi destekler. 700 hPa: orta seviye nemi; doymuş bir orta katman yağış için önemli bir göstergedir.
- 500 hPa: çukur ve sırtlar; çukurun önünde (akış yönünde) pozitif vortisite adveksiyonu ve yükselme, arkasında çökme görülür.
- 300–250 hPa: jet akımı (*jet stream*); jet çekirdeğinin giriş ve çıkış bölgelerindeki ıraksama alanları yer siklonlarını besler.
- Olay sınıflaması: (1) cephesel/sistematik yağış: geniş alan, uzun süre, orta şiddet; (2) kesik alçak: yavaş, çok günlük, yüksek toplam; (3) yerel konvektif: kısa, çok şiddetli, küçük alan. Düzeltme yönteminin başarısının bu tiplere göre değişmesi beklenebilir.
- Gözlem ve kod: SYNOP raporu istasyon yağışını (6RRRtR grubu), bulutları ve hadiseleri taşır; istasyon modeliyle haritaya işlenir.

💎 **ÖZ:** Çukurun önü yükselme, arkası çökme.

12.2 Sinoptik · basitçe ve sınav

Sitede

- Yer haritası «aşağıda ne oluyor», 500 hPa «yukarıda kim yönetiyor» sorusunu cevaplar.
- Kural olarak çukurun önü yağışlı, arkası açıktır.
- Sıcak hava geliyorsa (sıcak adveksiyon) hava yükselmeye yatkındır.
- Kesik alçak = yerinde sayan, uzun süre yağış bırakan sistem.
- Sınavda: barotropik = izotermler eş yükselti çizgilerine paralel (adveksiyon yok); baroklinik = kesişiyor (adveksiyon var).

💎 **ÖZ:** Yukarıyı 500 hPa, aşağıyı yer haritası anlatır.

12.3 Sinoptik · gerçek olay

Sitede

2021 Batı Karadeniz yağışları (sinoptik)

- 2021'deki Batı Karadeniz olayında Karadeniz üzerinde yavaş hareket eden bir alçak basınç ve üst seviye çukuru etkiliydi.
- Olağandan sıcak deniz yüzeyinden beslenen nemli kuzeyli akış kıyıya paralel dağlarda zorlanarak yükseldi; yağış günlerce aynı vadilere düştü.
- Sinoptik okuma: üst seviyede yavaşlayan çukur + alçakta denizden karaya nem taşınımı + dağ etkisi = uzun süreli, yüksek toplamlı yağış.
- Projeyle bağı: kuzeyli ve nemli akış İstanbul için de tanıdık bir yağış düzenidir; rüzgâr yönü bu yüzden anlamlı bir açıklayıcı değişkendir.

💎 **ÖZ:** Yavaş çukur + nemli kuzeyli akış + dağ = günlerce yağış.

12.3b Sinoptik · olay pratiği

Sitede

Bu düzende 850 hPa rüzgârı kuzeyden 15 m/s esiyor ve nem karaya taşınıyor. Yağışın süreceğini tahmin etmek için hangi iki harita alanına bakarsın?

Cevap:

- 500 hPa'da çukurun hareketi: yavaşlıyorsa yağışın süresi uzar.
- 850/700 hPa nem alanı ve rüzgâr yönü: nem taşınımı sürüyor mu?

💎 **ÖZ:** Süreyi çukurun hızı, miktarı nem taşınımı belirler.

12.4a Sıcaklık adveksiyonu

Sitede

$$A_T = -\mathbf{V} \cdot \nabla T \approx -V \frac{\Delta T}{\Delta s}$$

Terimler — tek tek:

- A_T — sıcaklık adveksiyonu (K/s)
- $\mathbf{V}$ — rüzgâr (m/s)
- ∇T — yatay sıcaklık gradyanı (K/m)

  > ∇T

- Δs — rüzgâr yönünde uzaklık (m)

💎 **ÖZ:** Rüzgâr sıcaktan soğuğa esiyorsa sıcak adveksiyon vardır.

12.4a Örnek

Sitede

Rüzgâr sıcak bölgeden soğuk bölgeye 15 m/s esiyor; rüzgâr yönünde 100 km'de sıcaklık 3 K değişiyor. Sıcaklık adveksiyonu nedir?

Çözüm:

1. $|A_T|$ = 15 × 3 / 100 000 = 4,5 × 10^{-4} K/s
2. Saatte: 4,5×10^{-4} × 3 600 ≈ 1,6 K/saat
3. Rüzgâr sıcaktan soğuğa esiyor → sıcak adveksiyon: yükselmeyi destekler

---

💎 **ÖZ:** Sonuç: ≈ 1,6 K/saat sıcak adveksiyon.

12.4b Yağışa geçebilir su

Sitede

$$W = \frac{\bar{q}\,\Delta p}{\rho_w\, g}$$

Terimler — tek tek:

- **W** — yağışa geçebilir su (m)
- $\bar{q}$ — katmanın ortalama özgül nemi (kg/kg)
- Δp — katmanın basınç kalınlığı (Pa)
- ρ_w — suyun yoğunluğu (1 000) (kg/m³)
- **g** — yerçekimi ivmesi (m/s²)

💎 **ÖZ:** Yağışa geçebilir su, kolondaki nemin kova derinliğidir.

12.4b Örnek

Sitede

1000–500 hPa katmanında ortalama özgül nem 8 g/kg. Yağışa geçebilir su kaç mm'dir?

Çözüm:

1. Birimler: 8 g/kg = 0,008 kg/kg; Δp = 500 hPa = 50 000 Pa
2. W = 0,008 × 50 000 / (1 000 × 9,81) ≈ 0,0408 m
3. W ≈ 40,8 mm: nemli bir hava kütlesi

💎 **ÖZ:** Sonuç: W ≈ 41 mm.

12.5 Sinoptik · derste gördüğün

Sitede

Projeyle ilgisi: Orta: olayların sinoptik tipe göre sınıflandırılması ve sonuçların yorumu.

- MTO 302E: SYNOP kodu ve istasyon modeli, izobar analizi, yer basınç sistemleri, çukur ve sırt eksenleri, sıcak ve soğuk çekirdek, sıcaklık adveksiyonunun yönü, barotropik ve baroklinik atmosfer, sistemin düşey ekseni.
- Harita Okulu: yüzey haritası, seviyeler, adveksiyon ve çukur–sırt dersleri ve etkileşimli laboratuvarlar.
- Sinoptik Brifing Atölyesi: yer ve üst seviye haritalarıyla gerçek bir günü brifinge çevirme; İstanbul odaklı bölüm.
- MTO 316 B3: yağışa geçebilir su (PW); nemin kolondaki miktarı.

Sitede bağlar: MTO 302E Sıcaklık adveksiyonunun yönü · MTO 302E Trof ve sırt eksenleri · MTO 302E Barotropik ve baroklinik · Harita Okulu · Adveksiyon · Harita Okulu · Trof (çukur) · Harita Okulu · Adveksiyon laboratuvarı · Sinoptik Brifing · 500 hPa · Sinoptik Brifing · 850 hPa · Sinoptik Brifing · İstanbul · MTO 316 Yağışa geçebilir su · Akademi · Cephe · Akademi · MTO 302

💎 **ÖZ:** Harita okumak, sonuçları yorumlamanın dilidir.

12.6 Sinoptik · senin sıran

Sitede

Bir yağış olayını sinoptik tipe göre sınıflandırmak için kısa bir kontrol listesi yaz: hangi haritada neye bakarsın?

Kontrol:

- Yer haritası: cephe var mı, alçak merkez nerede?
- 500 hPa: çukur ya da kesik alçak var mı, ne hızla ilerliyor?
- 850/700 hPa: nem, sıcak adveksiyon ve rüzgâr yönü.
- Süre ve alan: kısa ve yerel mi (konvektif), uzun ve geniş mi (cephesel ya da kesik alçak)?

💎 **ÖZ:** Önce sınıfla, sonra karşılaştır.

Kaynakça (1/2)

Sitede

- Hess, P., ve Boers, N. (2022). Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 14(3), e2021MS002765. https://doi.org/10.1029/2021MS002765
- Kazezyılmaz-Alhan, C. M., Yalçın, İ., Javanshour, K., Aytekin, M., ve Gülbaz, S. (2021). Water Practice and Technology, 16(1), 154–161. https://doi.org/10.2166/wpt.2020.108
- Kömüşcü, A. Ü., ve Çelik, S. (2013). Natural Hazards, 66(2), 781–808. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0521-x
- Patakchi Yousefi, K., Belleflamme, A., Goergen, K., ve Kollet, S. (2024). Frontiers in Water, 6, 1439906. https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1439906

💎 **ÖZ:** Kaynaklar sitede tıklanır; burada künye olarak durur.

Kaynakça (2/2)

Sitede

- Rasp, S., ve Lerch, S. (2018). Monthly Weather Review, 146(11), 3885–3900. https://doi.org/10.1175/MWR-D-18-0187.1
- Rojas-Campos, A., Wittenbrink, M., Nieters, P., Schaffernicht, E. J., Keller, J. D., ve Pipa, G. (2023). Weather and Forecasting, 38(3), 487–497. https://doi.org/10.1175/WAF-D-21-0207.1
- Vannitsem, S. vd. (2021). Bulletin of the American Meteorological Society, 102(3), E681–E699. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0308.1
- Yucel, I., ve Onen, A. (2014). Natural Hazards and Earth System Sciences, 14(3), 611–624. https://doi.org/10.5194/nhess-14-611-2014

💎 **ÖZ:** Kaynaklar sitede tıklanır; burada künye olarak durur.