

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN FAKÜLTESİ
İSTATİSTİK BÖLÜMÜ

Değişim Noktası Belirleme Yöntemleri ve Uygulamaları

Bitirme Projesi Raporu

Pelin PEKER
Merve AK
Edanur Binnaz DURSUN
Ahmet ÇALI

May 2024

Rapor Deęerlendirme

“Değişim Noktası Belirleme Yöntemleri ve Uygulamaları” başlıklı bitirme projesi raporu tarafıitmdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Bitirme Projesi raporu olarak kabul edilmiştir.

Dr. Engin YILDIZTEPE

Teşekkür

Tüm çalışma süresince yönlendiriciliği, katkıları ve yardımları ile yanımızda olan danışmanımız Dr. Engin YILDIZTEPE 'ye ve böyle bir çalışmayı yapmamız için bize fırsat tanıyan Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümüne teşekkür ederiz.

Pelin PEKER
Merve AK
Edanur Binnaz DURSUN
Ahmet ÇALI

Özet

Değişim noktası verilerde meydana gelen beklenmedik anlamlı değişiklikler olarak tanımlanabilir. Değişim noktası tespit yöntemleri bu noktaları istatistiksel tekniklerle bulmayı amaçlar. Değişim noktası analizi finans, kalite kontrol, ağ analizi gibi çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada değişim noktası tespit yöntemleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında AMOC, BinSeg, parçalı regresyon, PELT ve Prophet algoritmaları kullanılmıştır. Algoritmaların uygulamadaki performanslarını belirlemek amacıyla yirmi yapay ve on bir gerçek veri kullanılmıştır. Performanslar F1 puanı ve kapsama ölçütü kullanılarak değerlendirilmiştir. F1 puanına göre en başarılı sonuçlar yapay verilerde BinSeg ile, gerçek verilerde parçalı regresyon ile alınmıştır. Kapsama ölçütüne göre ise yapay verilerde BinSeg ve parçalı regresyon, gerçek verilerde parçalı regresyon ile en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Değişim noktası içeren yapay veri üretmek ve bahsedilen algoritmaları uygulayabilmek amacıyla bir RShiny web uygulaması geliştirilmiştir. Çalışmada R ve Python programlama dilleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Değişim noktası, AMOC, BinSeg, PELT, Prophet, Parçalı Regresyon, R shiny

Abstract

Change points can be defined as unexpected significant changes occurring in data. Change point detection methods aim to identify these points using statistical techniques. Change point analysis is utilized in various fields such as finance, quality control, and network analysis. In this study, change point detection methods were examined. AMOC, BinSeg, Segmented Regression, PELT, and Prophet algorithms were used within the scope of the study. To determine the performance of the algorithms in application, twenty artificial and eleven real datasets were employed. Performance was evaluated using the F1 score and cover metric. According to the F1 score, the most successful results were obtained with BinSeg on artificial data and with Segmented Regression on real data. Regarding the cover metric, BinSeg and Segmented Regression yielded the best results on artificial data, while Segmented Regression performed the best on real data. To generate artificial data containing change points and apply the mentioned algorithms, an R Shiny web application was developed. Both R and Python programming languages were used in the study.

Keywords: Changepoint, AMOC, BinSeg, Pelt, Prophet, Segmented Regression, R Shiny

İçindekiler

Bölüm 1: thesisdown::thesis_gitbook: default	1
Bölüm 2: Değişim Noktası	3
2.1 Tek Değişim Noktası Tespiti	3
2.2 Birden Fazla Değişim Noktası Tespiti	3
2.2.1 İkili Segmentasyon Algoritması	3
2.2.2 PROPHET	3
2.2.3 PELT(Pruned Exact Linear Time)	3
2.2.4 Parçalı Regresyon	3
2.3 Kapsama Ölçütü	3
2.4 F1 Puanı	3
Bölüm 3: Uygulama	5
3.1 Veri	5
3.1.1 Yapay Veri	5
3.1.2 Gerçek Veri	6
3.2 Değişim Noktası Analizi	7
3.2.1 Yapay Veriler için Sonuçlar	7
3.2.2 Yapay Veriler için Friedman Test	10
3.2.3 Gerçek Veriler için Sonuçlar	11
3.2.4 Gerçek Veriler için Friedman Test	13
3.3 Kademeli Egzersiz Test Verileri	14
3.3.1 Kademeli Egzersiz Test Verileri için Friedman Test	15
Bölüm 4: Bölüm Başlığı	17
4.1 Bu bir alt başlık	17
4.1.1 Bu ikinci seviye bir alt başlık	17
Bölüm 5: Bölüm 4 Başlık	19
5.1 Bu bir alt başlık	19
5.1.1 Bu ikinci seviye bir alt başlık	19
Sonuç	21
Kaynaklar	23

Ek A: İlk Ek Başlığı	25
Ek B: İkinci Ek Başlığı	27

Tablo Listesi

3.1	Yapay Veriler	5
3.2	Gerçek Veriler	6
3.3	F1 puanı (Varsayılan)	7
3.4	Kapsama Ölçütü (Varsayılan)	8
3.5	F1 Puanı (Ayarlanmış)	8
3.6	Kapsama Ölçütü (Ayarlanmış)	9
3.7	F1 puanı (Varsayılan)	11
3.8	Kapsama Ölçütü (Varsayılan)	11
3.9	F1 Puanı (Ayarlanmış)	12
3.10	Kapsama Ölçütü (Ayarlanmış)	12
3.11	Kapsama Ölçütü (Ayarlanmış)	14
3.12	F1 Puanı (Ayarlanmış)	15

Şekil Listesi

3.1	Ve/PetCO ₂ -Watt	14
-----	---------------------------------------	----

Bölüm 1

thesisdown::thesis_gitbook: default

Placeholder

Bölüm 2

Değişim Noktası

Placeholder

2.1 Tek Değişim Noktası Tespiti

2.2 Birden Fazla Değişim Noktası Tespiti

2.2.1 İkili Segmentasyon Algoritması

2.2.2 PROPHET

2.2.3 PELT(Pruned Exact Linear Time)

Optimal Bölütleme

PELT Yöntemi

2.2.4 Parçalı Regresyon

2.3 Kapsama Ölçütü

2.4 F1 Puanı

Doğruluk (Accuracy)

Duyarlılık (Recall)

Kesinlik (Precision)

F1 Skoru (F1 Score)

Bölüm 3

Uygulama

Uygulamada yirmi yapay veri ve onbir gerçek veri kullanılmıştır. Yapay verilerin her biri farklı sayıda değişim noktasına sahip olacak şekilde üretilmiştir. Gerçek veriler ise farklı alanlardan alınmıştır. Verilerin performanslarını belirlemek amacıyla F1 puanı ve kapsama ölçütü kullanılmıştır. Çalışmada R ve Python programlama dilleri kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan veriler ve kodlar github sayfasında (<https://github.com/eyildiztepe/ChangePointDetection>) paylaşılmıştır.

3.1 Veri

Bu bölümde üretilen yapay veriler ve uygulamada kullanılan gerçek veriler hakkında bilgi verilmiştir.

3.1.1 Yapay Veri

Çalışmada kullanılan yapay veriler farklı sayıda değişim noktasına (DN) sahip olacak şekilde R programlama dili kullanılarak üretilmiştir. Yapay verilerin örneklem genişlikleri, ortalaması 2000, standart sapması 500 olan Normal dağılımından, verideki değişim noktası sayısı ortalaması 2.8 olan Poisson dağılımından ve DN'lerin konumları ise Uniform dağılımından üretilmiştir. Kullanılan verilerin özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Yapay Veriler

Veri	Gözlem Sayısı	DN Sayısı	DN Konumu
1	1687	4	516, 578 ,779,1499
2	2092	3	564,1003,1347
3	1582	4	175,553,1186,1347
4	2798	3	951,985,2315
5	2165	3	1034,1835,1892
6	1590	4	631,698,1208,1481
7	2244	1	1578

Veri	Gözlem Sayısı	DN Sayısı	DN Konumu
8	2369	3	788,958,1768
9	2288	4	316,493, 587,1606
10	1847	4	153,300, 469,1172
11	2756	3	2119,2168,2377
12	2195	5	909,1004,1317,1422,1749
13	1689	2	479,611
14	893	2	552,837
15	2562	1	575
16	1978	1	293
17	1992	2	955,1798
18	2472	3	1470,1786,2365
19	2411	3	393,874,1047
20	2297	2	79,1622

3.1.2 Gerçek Veri

Çalışmada farklı alanlardan gerçek veriler kullanılmıştır. Veriler (<https://github.com/alan-turing-institute/TCPD/tree/master/datasets>) adresinden temin edilmiştir. Gerçek verilerin özellikleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Gerçek Veriler

Veri	GS	1.DNS	2.DNS	3.DNS	4.DNS	5.DNS
Bitcoin	NA	4	1	1	7	7
Brent-spot.	500	3	2	5	9	11
Children-per women	301	2	1	2	4	2
Co2- canada	215	2	6	2	5	7
Debt -Ireland	21	2	2	2	4	2
Rail-lines	37	2	2	2	2	1
Rather-stock	600	1	2	1	2	2
Scanline-42049	481	10	7	2	7	7
Shangai-license	205	1	1	1	1	2
Usd-isk	247	2	4	1	3	2
Well-log	675	11	9	9	2	17

GS: Gözlem sayısı ,DNS: Değişim Noktası Sayısı

Çalışmada kullanılan gerçek veriler 5 ayrı işaretleyici tarafından işaretlenmiştir (Van den Burg ve Williams, 2020). Bu nedenle değişim noktası konumları değişiklik göstermektedir .

3.2 Değişim Noktası Analizi

Bu bölümde kullanılan yöntemler ile elde edilen sonuçlara yer verilmiştir. Kullanılan fonksiyonların varsayılan ayarları ile elde edilen sonuçlar F1 puanı varsayılan ve kapsama ölçütü varsayılan olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, argümanların değerleri değiştirilerek elde edilen en iyi sonuçlar F1 puanı ayarlanmış ve kapsama ölçütü ayarlanmış olarak sunulmuştur.

3.2.1 Yapay Veriler için Sonuçlar

Bu bölümde yapay veriler için elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

Tablo 3.3: F1 puanı (Varsayılan)

Veri	AMOC	BINSEG	SEGMENTED	PROPHET	PELT
1	0,5714	0,9091	0,2857	0,2857	0,4000
2	0,6667	0,4000	0,3333	0,1818	0,4444
3	0,5714	0,9091	0,1290	0,2000	0,4000
4	0,6667	0,8000	0,3333	0,2222	0,7500
5	0,6667	0,6000	0,4444	0,2500	0,6666
6	0,5714	0,5455	0,4000	0,1538	0,4000
7	0,5000	0,2500	0,5000	0,3333	0,5000
8	0,6667	0,8000	0,5000	0,2222	0,6000
9	0,2857	0,5455	0,4000	0,1818	0,3636
10	0,5714	0,7273	0,6000	0,1666	0,4615
11	0,6667	0,6000	0,5000	0,2222	0,4444
12	0,5000	0,8333	0,1666	0,1666	0,5000
13	0,8000	0,6667	0,6666	0,2857	0,5714
14	0,8000	0,6667	0,6666	0,2857	0,5714
15	0,9998	0,5000	0,5000	0,4000	0,4000
16	0,9999	0,5000	0,5000	0,4000	0,4000
17	0,8000	0,6667	0,6666	0,2857	0,5714
18	0,6667	0,8000	0,5000	0,2222	0,4000
19	0,6667	0,8000	0,5000	0,2222	0,4444
20	0,8000	0,4444	0,3333	0,2857	0,2857

Algoritmalar varsayılan parametre ayarlarıyla çalıştırıldığında (3.3), yirmi yapay verinin sekizinde BinSeg, altısında AMOC ve birinde PELT 0,7 ve üzerinde F1 puanına sahipken, parçalı regresyon ve Prophet algoritmasında F1 puanı 0,7 ve üzerinde olan veri bulunmamaktadır. Varsayılan parametrelerle çalıştırılan algoritmalarından Prophet on yedi, parçalı regresyon üç, AMOC, BinSeg ve Pelt algoritmalarında birer tane 0,3'ün altında F1 puanına sahip veri bulunmaktadır.

Tablo 3.4: Kapsama Ölçütü (Varsayılan)

Veri	AMOC	BINSEG	SEGMENTED	PROPHET	PELT
1	0,5975	0,9895	0,3740	0,3607	0,6843
2	0,5388	0,8881	0,5185	0,5600	0,7686
3	0,4937	0,9943	0,2397	0,5151	0,7953
4	0,5850	0,8989	0,4876	0,5495	0,8897
5	0,7707	0,9687	0,8126	0,6164	0,7706
6	0,6079	0,8822	0,7007	0,3625	0,5339
7	0,9648	0,7995	0,7807	0,4670	0,8523
8	0,6084	0,8848	0,6725	0,6173	0,7047
9	0,6629	0,9467	0,4937	0,5129	0,6060
10	0,6269	0,9288	0,7368	0,4726	0,4510
11	0,8764	0,9464	0,8185	0,9991	0,6856
12	0,5639	0,8220	0,6032	0,6158	0,5461
13	0,8771	0,7478	0,8771	0,5563	0,4660
14	0,8932	0,9567	0,8911	0,4304	0,7085
15	0,9992	0,9863	0,8634	0,5091	0,4972
16	0,9950	0,7715	0,8828	0,4541	0,4058
17	0,8408	0,8620	0,8403	0,5809	0,5871
18	0,7744	0,9956	0,8502	0,4184	0,4871
19	0,6932	0,9925	0,7623	0,4422	0,4285
20	0,5905	0,7208	0,4578	0,4711	0,5644

Tablo 3.4'daki sonuçlara göre, BinSeg varsayılan parametre ayarlarıyla çalıştırıldığında tüm verilerde 0,7'nin üzerinde kapsama ölçütü değerine sahiptir. Parçalı regresyon on ikisinde, AMOC dokuzunda, Pelt yedisinde ve Prophet birinde 0,7 ve üzerinde kapsama ölçütü değerine sahip olduğu görülmektedir.

Varsayılan ayarlar çalıştırılan algoritmalarından sadece parçalı regresyonda bir veri 0,3'ün altında kapsama ölçütü değerine sahiptir.

Tablo 3.5: F1 Puanı (Ayarlanmış)

Veri	AMOC	BINSEG	SEGMENTED	PROPHET	PELT
1	0,5714	0,9997	0,4444	0,2500	0,6000
2	0,6667	0,5000	0,5000	0,4000	0,5000
3	0,5714	0,9994	0,4000	0,2500	0,4000
4	0,6667	0,9996	0,4000	0,2500	0,7500
5	0,6667	0,7500	0,4000	0,2857	0,6666
6	0,5714	0,6000	0,4000	0,3333	0,2857
7	0,5000	0,5000	0,5000	0,4000	0,5000
8	0,6667	0,7500	0,5000	0,2500	0,5454
9	0,2857	0,6000	0,4000	0,2222	0,3636
10	0,5714	0,8000	0,6000	0,2000	0,6000

Veri	AMOC	BINSEG	SEGMENTED	PROPHET	PELT
11	0,6667	0,7500	0,5000	0,2500	0,5714
12	0,5000	0,8333	0,1666	0,3636	0,5000
13	0,8000	0,9987	0,6666	0,3333	0,6666
14	0,8000	0,6667	0,6666	0,3333	0,6666
15	0,9998	0,9989	0,5000	0,5000	0,5000
16	0,9999	0,9967	0,5000	0,5000	0,5000
17	0,8000	0,9985	0,6666	0,3333	0,6666
18	0,6667	0,9978	0,5000	0,2500	0,5000
19	0,6667	0,9949	0,5000	0,2500	0,5000
20	0,8000	0,6667	0,3333	0,3333	0,3333

Ayarlanmış parametreler sonucunda en iyi F1 puanı değerleri BinSeg ile elde edilmiştir. Prophet ve parçalı regresyon algoritmalarında hiç bir veri 0,7 ve üzerinde F1 puanına sahip değildir. Pelt algoritmasında bir tane verinin 0,7'nin üzerinde olduğu görülmektedir.

Prophet algoritmasının en kötü F1 puanı değerlerini verdiği görülmektedir. AMOC, parçalı regresyon ve Pelt algoritmalarında 0,3 'ün altında birer tane veri bulunmaktadır.

Tablo 3.6: Kapsama Ölçütü (Ayarlanmış)

Veri	AMOC	BINSEG	SEGMENTED	PROPHET	PELT
1	0,5975	0,9930	0,9930	0,6104	0,7081
2	0,5388	0,8914	0,8914	0,6793	0,8194
3	0,4937	0,9950	0,9950	0,6152	0,9246
4	0,5850	0,9957	0,9957	0,6830	0,8840
5	0,7707	0,9688	0,9688	0,7494	0,7706
6	0,6079	0,8853	0,8853	0,3967	0,5599
7	0,9648	0,9648	0,9648	0,6002	0,9670
8	0,6084	0,8831	0,8831	0,6700	0,7364
9	0,6629	0,9467	0,9467	0,5665	0,6067
10	0,6269	0,9092	0,9092	0,4866	0,7201
11	0,8764	0,9689	0,9689	0,9998	0,9387
12	0,5639	0,8220	0,8220	0,6338	0,5604
13	0,8771	0,9976	0,9976	0,6158	0,6509
14	0,8932	0,9567	0,9567	0,5356	0,8589
15	0,9992	0,9992	0,9992	0,5255	0,8189
16	0,9950	0,9950	0,9950	0,5825	0,7296
17	0,8408	0,9980	0,9980	0,7171	0,7905
18	0,7744	0,9976	0,9976	0,4701	0,6171
19	0,6932	0,9983	0,9983	0,4816	0,6680
20	0,5905	0,9854	0,9854	0,5511	0,7184

Ayarlanan parametreler ile hesaplanan kapsama ölçütü değerinin BinSeg ve parçalı regresyon algoritmalarının tamamında 0,8'in üzerinde olduğu görülmektedir. Pelt için on dört, AMOC için dokuz ve Prophet algortiması için üç verinin 0,7'nin üzerinde kapsama ölçütü değerine sahip olduğu görülmektedir. Ayarlanan parametrelerle çalıştırılan beş farklı algoritmanın kullanıldığı yirmi verinin hiçbirinde 0,3'ün altından kapsama ölçütü değeri bulunmamaktadır.

3.2.2 Yapay Veriler için Friedman Test

Loading required package: PMCMRplus

Friedman rank sum test

data: sim

Friedman chi-squared = 54.674, df = 4, p-value = 3.803e-11

H_0 : Algoritmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

H_1 : Algoritmalar arasında en az birinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

p -değeri 0.05 (α)'den küçüktür. Bu nedenle H_0 hipotezi reddedilmiştir, algoritmalar arasında en az bir tanesi farklıdır.

Yapay Veriler için Nemenyi Test

Pairwise comparisons using Nemenyi-Wilcoxon-Wilcox all-pairs test for a two-way balance

data: y

	AMOC	BinSeg	Parçalı Reg	Prophet
BinSeg	0.00074	-	-	-
Parçalı Reg	0.00074	1.00000	-	-
Prophet	0.49732	2.8e-07	2.8e-07	-
PELT	0.99964	0.00166	0.00166	0.37348

P value adjustment method: single-step

- AMOC ve BinSeg algoritmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır.
- Parçalı Regresyon ve AMOC algoritmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır.
- Prophet ile BinSeg ve Parçalı Regresyon algoritmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır.
- PELT ile BinSeg ve Parçalı Regresyon algoritmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır.

3.2.3 Gerçek Veriler için Sonuçlar

Bu bölümde gerçek veriler için elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

Tablo 3.7: F1 puanı (Varsayılan)

Veri	AMOC	BINSEG	PELT	SEGMENTED	PROPHET
Bitcoin	0,3670	0,4897	0,2663	0,3670	0,2341
Brent-spot	0,2718	0,6431	0,4244	0,6590	0,3904
Children-per women	0,6175	0,5902	0,3366	0,8440	0,5168
Co2- canada	0,5441	0,8194	0,8194	0,3938	0,6315
Debt -Ireland	0,7603	1,0000	0,7603	0,7603	0,6086
Rail-lines	0,8462	0,8000	0,4690	1,0000	0,2666
Rather-stock	0,2718	0,3392	0,4710	0,4886	0,5292
Scanline-42049	0,4926	0,7400	0,5151	0,2463	0,3902
Shangai-license	0,8679	0,6511	0,6666	0,6495	0,5316
Usd-isk	0,7854	0,6093	NA	0,7881	0,5956
Well-log	NA	0,7289	0,4235	0,6912	0,3589

Varsayılan parametre ayarlarıyla algoritmalar çalıştırıldığında, on bir verinin beşinde BinSeg, dördünde AMOC ve parçalı regresyon, ikisinde PELT 0,7 ve üzerinde F1 puanına sahipken Prophet algoritmasında F1 puanı 0,7 ve üzerinde olan veri bulunmamaktadır.

Varsayılan ayarlarda, on bir verinin ikisinde AMOC ve Prophet ile, birinde PELT ve parçalı regresyon ile 0,3'ün altında F1 puanı elde edilmiştir.

BinSeg algoritmasında F1 puanı 0,3 ve altında olan veri bulunmamaktadır. Değişim noktası tespit edilemeyen durumlar (NA) ile gösterilmiştir.

Tablo 3.8: Kapsama Ölçütü (Varsayılan)

Veri	AMOC	BINSEG	PELT	SEGMENTED	PROPHET
Bitcoin	0,7640	0,7354	0,3022	0,5322	0,1941
Brent-spot	0,4251	0,5921	0,4535	0,4945	0,2992
Children-per women	0,7838	0,7663	0,7721	0,6282	0,2753
Co2- canada	0,5264	0,7291	0,7393	0,5135	0,3409
Debt -Ireland	0,5844	0,6607	0,5446	0,5861	0,4000
Rail-lines	0,7682	0,7732	0,4408	0,7890	0,3081
Rather-stock	0,3870	0,3923	0,3970	0,5164	0,3470
Scanline-42049	0,4305	0,7502	0,4157	0,3859	0,3249
Shangai-license	0,9105	0,7691	0,3132	0,8272	0,2458
Usd-isk	0,8577	NA	NA	0,5248	0,2752
Well-log	0,4527	0,7696	0,4285	0,4146	0,3743

Varsayılan ayarlar ile, on bir verinin yedisinde BinSeg, beşinde AMOC, ikisinde PELT ve parçalı regresyon ile 0,7 ve üzerinde kapsama ölçütü değerleri elde edilmiştir.

Prophet algoritmasında hiçbir veri için kapsama ölçütü değeri 0,7 nin üzerinde değildir. Varsayılan ayarlar ile Prophet algoritmasında başarılı kapsama ölçütü değerleri elde edilemediği görülmektedir. Prophet on bir verinin beşinde 0,3 ve altında kapsama ölçütü değerine sahiptir. Değişim noktası tespit edilemeyen durumlar (NA) ile gösterilmiştir.

Tablo 3.9: F1 Puanı (Ayarlanmış)

Veri	AMOC	BINSEG	PELT	SEGMENTED	PROPHET
Bitcoin	0,3670	0,6124	0,3940	0,4523	0,2743
Brent-spot	0,2718	0,6341	0,4481	0,6590	0,3704
Children-per women	0,6175	0,5902	0,6388	0,8440	0,5168
Co2- canada	0,5441	0,8776	0,3595	0,7142	0,6045
Debt -Ireland	0,7603	0,9583	0,9583	0,9795	0,9795
Rail-lines	0,8461	0,8316	0,7234	0,9655	0,9655
Rather-stock	0,2718	0,3728	0,5316	0,4243	0,5292
Scanline-42049	0,4926	0,8331	0,5704	0,8648	0,4581
Shangai-license	0,8679	0,6511	0,2025	0,6495	0,5316
Usd-isk	0,7854	0,6093	0,6007	0,7881	0,5956
Well-log	0,2791	0,7289	0,5760	0,6912	0,3589

Ayarlanmış parametreler ile en iyi F1 puanı değerleri parçalı regresyon ile alınmıştır. On bir veri setinin altısında parçalı regresyon, beşinde BinSeg, dördünde AMOC, ikisinde PELT ve Prophet'in 0,7 ve üzerinde F1 puanına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3.9'e göre parçalı regresyon ve BinSeg algoritmaları denenen tüm gerçek veriler için 0,3 ve üzerinde F1 puanı elde etmişlerdir. Ancak AMOC algoritması için F1 puanı onbir verinin üçünde 0,3'ün altındadır.

Tablo 3.10: Kapsama Ölçütü (Ayarlanmış)

Veri	AMOC	BINSEG	PELT	SEGMENTED	PROPHET
Bitcoin	0,7640	0,4352	0,2182	0,3833	0,2045
Brent-spot	0,4251	0,4858	0,3257	0,5273	0,3206
Children-per women	0,7938	0,7625	0,7635	0,7062	0,3485
Co2- canada	0,5264	0,7001	0,7494	0,6622	0,4366
Debt -Ireland	0,5844	0,8136	0,7042	0,8217	0,6919
Rail-lines	0,7665	0,7731	0,5113	0,6964	0,6222
Rather-stock	0,3870	0,3941	0,4840	0,4488	0,3470
Scanline-42049	0,4305	0,8570	0,4157	0,7944	0,4097
Shangai-license	0,9105	0,7961	0,3955	0,8058	0,3625
Usd-isk	0,8577	0,7549	0,5609	0,7819	0,4211
Well-log	0,4527	0,6371	0,4873	0,5511	0,4615

Ayarlanmış parametreler ile algoritmalar çalıştırıldığında, kapsama ölçütüne göre en iyi sonuçları BinSeg algoritması vermiştir. Denenen on bir verinin yedisinde Bin-

Seg, beşinde AMOC ve parçalı regresyon, üçünde PELT 0,7 ve üzerinde kapsama metriğine sahipken Prophet algoritmasında kapsama metriği 0,7 ve üzerinde olan veri bulunmamaktadır.

Çalışmada incelenen algoritmaların ihtiyaç duyduğu parametre değerleri verilere göre en uygun hale getirildiğinde BinSeg ve parçalı regresyon algoritmalarının diğerlerine göre değişim noktalarının konumlarını belirlemede daha başarılı olduğu görülmüştür.

3.2.4 Gerçek Veriler için Friedman Test

Friedman rank sum test

```
data: real
Friedman chi-squared = 19.564, df = 4, p-value = 0.0006088
```

H_0 : Algoritmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

H_1 : Algoritmalar arasında en az birinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

p -değeri 0.05 (α)’den küçüktür. Bu nedenle H_0 hipotezi reddedilmiştir, algoritmalar arasında en az bir tanesi farklıdır.

Gerçek Veriler için Nemenyi Test

Pairwise comparisons using Nemenyi-Wilcoxon-Wilcox all-pairs test for a two-way

```
data: y
```

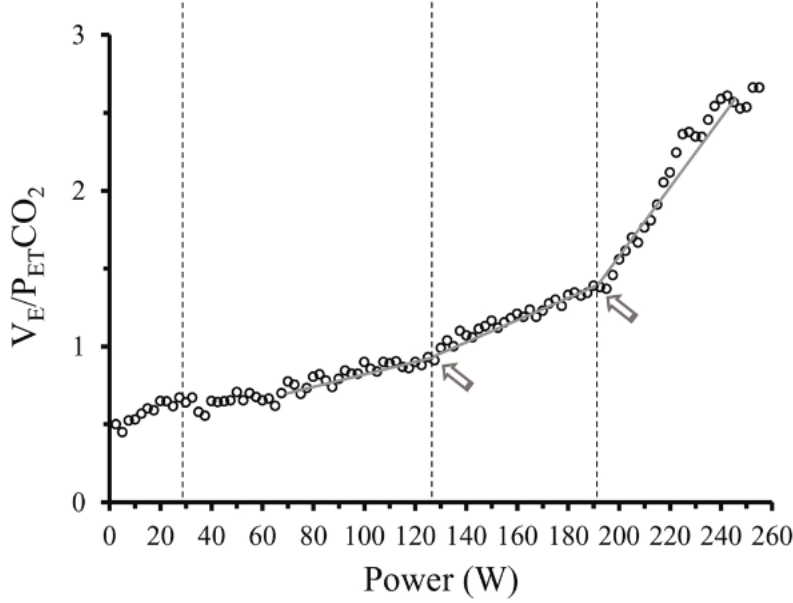
	AMOC	BinSeg	PELT	Parçalı Reg
BinSeg	0.87972	-	-	-
PELT	0.96200	0.48569	-	-
Parçalı Reg	0.96200	0.99884	0.66078	-
Prophet	0.02510	0.00088	0.14727	0.00252

P value adjustment method: single-step

Prophet ile AMOC, BinSeg ve parçalı regresyon algoritmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

3.3 Kademeli Egzersiz Test Verileri

Bu bölümde 15 sporcunun kademeli bir rampa testi sonucunda elde edilen veriler kullanılarak eşik egzersiz şiddetlerini değişim noktası belirleme yöntemleri ile tespit etmek denenmiştir.



Şekil 3.1: $V_E/P_{ET}CO_2$ -Watt

Tablo 3.11: Kapsama Ölçütü (Ayarlanmış)

Veri	BINSEG	SEGMENTED	PELT
1	0,7023	0,6688	0,7340
2	NA	0,8232	NA
3	NA	0,5097	NA
4	0,7485	0,9547	0,7308
5	0,9326	0,8972	0,7314
6	NA	0,7793	NA
7	NA	0,9493	NA
8	1,0000	0,8930	0,8425
9	0,8181	0,9545	0,8723
10	0,8039	0,6843	0,7189
11	1,0000	0,6111	0,5965
12	1,0000	0,7270	0,9353
13	0,6520	0,8486	0,9805
14	0,5434	0,7423	1,0000
15	0,7141	0,4571	0,8194

Ayarlanan parametreler ile hesaplanan kapsama ölçütü değerinin parçalı regresyon algoritmasında yedi, Pelt ve BinSeg algoritmalarında ise altı veride 0,8'in üzerinde olduğu görülmektedir. Ayarlanan parametrelerle çalıştırılan üç farklı algoritmanın kullanıldığı on beş verinin hiçbirinde 0,3'ün altından kapsama ölçütü değeri bulunmamaktadır.

İki değişim noktası tespit edilemeyen durumlar (NA) ile gösterilmiştir.

Tablo 3.12: F1 Puanı (Ayarlanmış)

Veri	BINSEG	SEGMENTED	PELT
1	0,6600	0,6600	0,6600
2	NA	1,0000	NA
3	NA	0,6600	NA
4	1,0000	1,0000	1,0000
5	1,0000	1,0000	1,0000
6	NA	1,0000	NA
7	NA	1,0000	NA
8	1,0000	1,0000	1,0000
9	0,8571	0,8571	1,0000
10	1,0000	1,0000	1,0000
11	0,7499	0,8571	0,8571
12	1,0000	1,0000	1,0000
13	0,5714	0,8571	1,0000
14	0,2857	0,8571	1,0000
15	0,2857	0,4615	0,6600

Ayarlanmış parametreler sonucunda en iyi F1 puanı değerleri parçalı regresyon ile elde edilmiştir. Parçalı regresyon algoritmasında on iki veri 0,8 ve üzerinde F1 puanına sahiptir. Pelt algoritmasında dokuz, BinSeg algoritmasında ise altı verinin 0,8'in üzerinde F1 puanına sahip olduğu görülmektedir.

Pelt ve parçalı regresyon algoritmalarının 0,3'ün altında F1 puanı yokken, BinSeg algoritmasında ise iki veride 0,3'ün altında F1 puanı elde edilmiştir.

İki değişim noktası tespit edilemeyen durumlar (NA) ile gösterilmiştir.

3.3.1 Kademeli Egzersiz Test Verileri için Friedman Test

Friedman rank sum test

```
data: ve_petco2
```

```
Friedman chi-squared = 0.72727, df = 2, p-value = 0.6951
```

H_0 : Algoritmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

H_1 : Algoritmalar arasında en az birinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır.

p -değeri 0.05 (α)'den büyüktür. Bu nedenle H_0 hipotezi reddedilememiştir, algoritmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Bölüm 4

Bölüm Başlığı

4.1 Bu bir alt başlık

Bu bölümde şu konular yer almaktadır...

4.1.1 Bu ikinci seviye bir alt başlık

Bölüm 5

Bölüm 4 Başlık

5.1 Bu bir alt başlık

Bu bölümde şu konular yer almaktadır...

5.1.1 Bu ikinci seviye bir alt başlık

Sonuç

If we don't want Conclusion to have a chapter number next to it, we can add the `{-}` attribute.

More info

And here's some other random info: the first paragraph after a chapter title or section head *shouldn't be* indented, because indents are to tell the reader that you're starting a new paragraph. Since that's obvious after a chapter or section title, proper typesetting doesn't add an indent there.

Kaynaklar

Placeholder

Ek A

İlk Ek Başlığı

This first appendix includes all of the R chunks of code that were hidden throughout the document (using the `include = FALSE` chunk tag) to help with readability and/or setup.

In the main Rmd file

In Chapter ??:

Ek B

İkinci Ek Başlığı

İkinci Ek

10 Van den Burg, G. J. ve Williams, C. K. (2020). An evaluation of change point detection algorithms. *arXiv preprint arXiv:2003.06222*.