



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
Μονάδα Προβλέψεων & Στρατηγικής
Forecasting & Strategy Unit

Τεχνικές Προβλέψεων

Προβλέψεις

Το Μοντέλο Θ (1 από 3)

Η Μέθοδος Θ : Μια μέθοδος παραγωγής προβλέψεων βασισμένη σε μια διαφορετική προσέγγιση αποσύνθεσης

- Η μέθοδος Θ^* (Theta) είναι μια μονοδιάστατη μέθοδος πρόβλεψης.
- Βασίζεται στη μεταβολή των τοπικών καμπυλοτήτων της χρονοσειράς μέσα από την παράμετρο θ , η οποία εφαρμόζεται επί των διαφορών δεύτερης τάξης των δεδομένων.
- Η χρονοσειρά που παράγεται από τον εν λόγω μετασχηματισμό (γραμμή Θ ή **Theta Line**) διατηρεί τη μέση τιμή και την κλίση της αρχικής χρονοσειράς, αλλά όχι και τις τοπικές της καμπυλότητες.
- Βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό των γραμμών Θ είναι η καλύτερη προσέγγιση της μακροπρόθεσμης συμπεριφοράς (τάσης) των δεδομένων ή η ανάδειξη των βραχυπρόθεσμων χαρακτηριστικών (επίπεδο) τους, ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου θ ($<, >1$) που επιλέγεται.

* Assimakopoulos, V., Nikolopoulos, K. (2000). The theta model: a decomposition approach to forecasting. International Journal of Forecasting, 16 (4), 521-530

Το Μοντέλο Θ (2 από 3)

Η Μέθοδος Θ : Μια μέθοδος παραγωγής προβλέψεων βασισμένη σε μια διαφορετική προσέγγιση αποσύνθεσης

- Η μέθοδος Θ αποσυνθέτει (διαχωρίζει) την αρχική χρονοσειρά σε δύο ή περισσότερες γραμμές Theta.
- Η κάθε γραμμή Theta προεκτείνεται στο μέλλον ξεχωριστά (με την ίδια ή και με διαφορετικές μεθόδους πρόβλεψης) και οι παραγόμενες προβλέψεις συνδυάζονται για να προκύψει η τελική πρόβλεψη.
- Ο απλός συνδυασμός δύο γραμμών Theta, για $\theta=0$ (ευθεία γραμμή) και $\theta=2$ (διπλασιασμός των τοπικών καμπυλοτήτων), χρησιμοποιήθηκε για την πρόβλεψη των 3,0003 χρονοσειρών του διεθνούς διαγωνισμού προβλέψεων M3*. Αυτή η μορφή της μεθόδου αναφέρεται ως **Κλασικό Μοντέλο Θ** (standard Theta)
- Η μέθοδος παρήγαγε εξαιρετικά ακριβή αποτελέσματα, ιδιαίτερα για τις μηνιαίες χρονοσειρές και τα μικροοικονομικά δεδομένα.

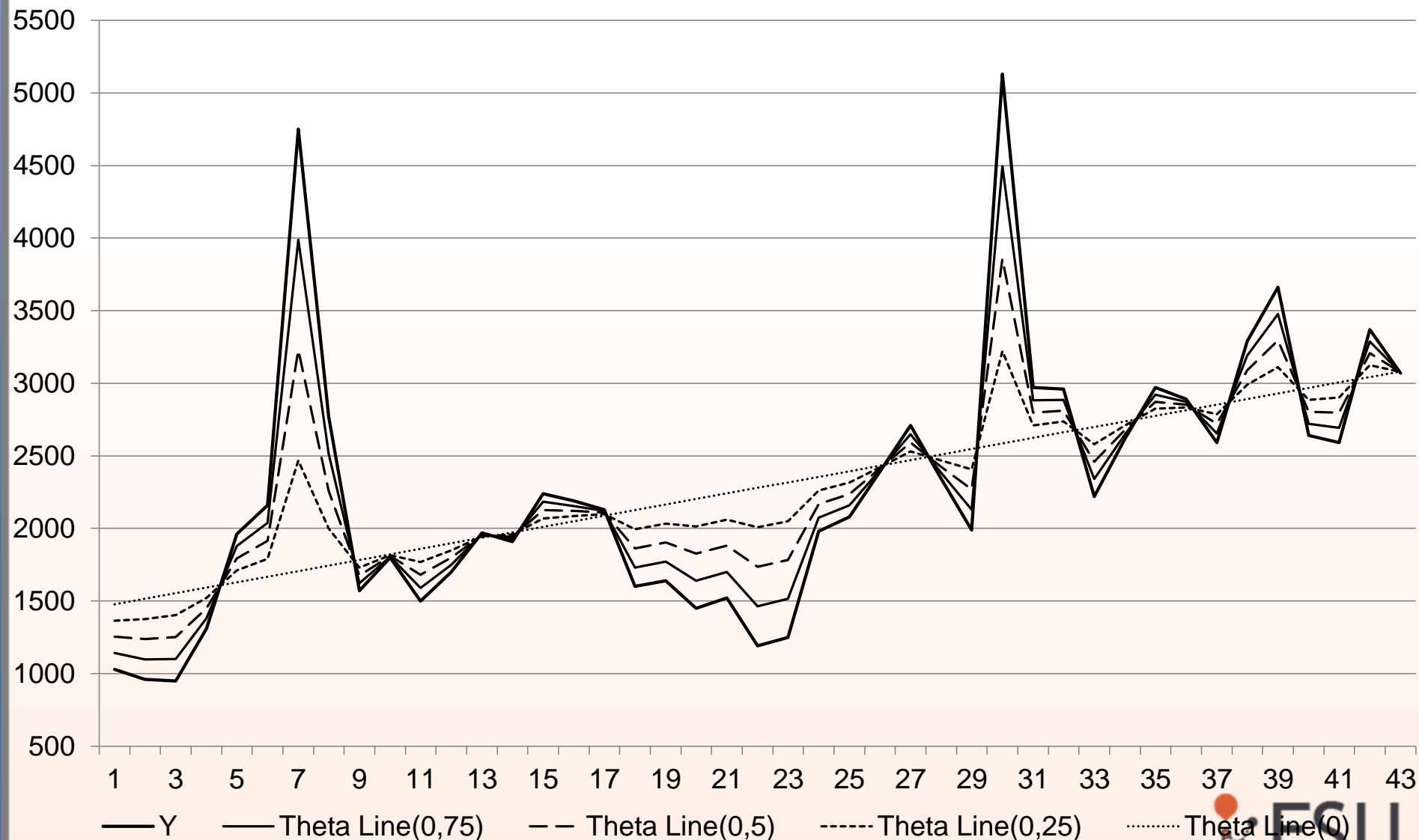
* Makridakis, S., Hibon, M. (2000). The M3-Competition: results, conclusions and implications, International Journal of Forecasting, 16 (4), 451-476

Το Μοντέλο Θ (3 από 3)

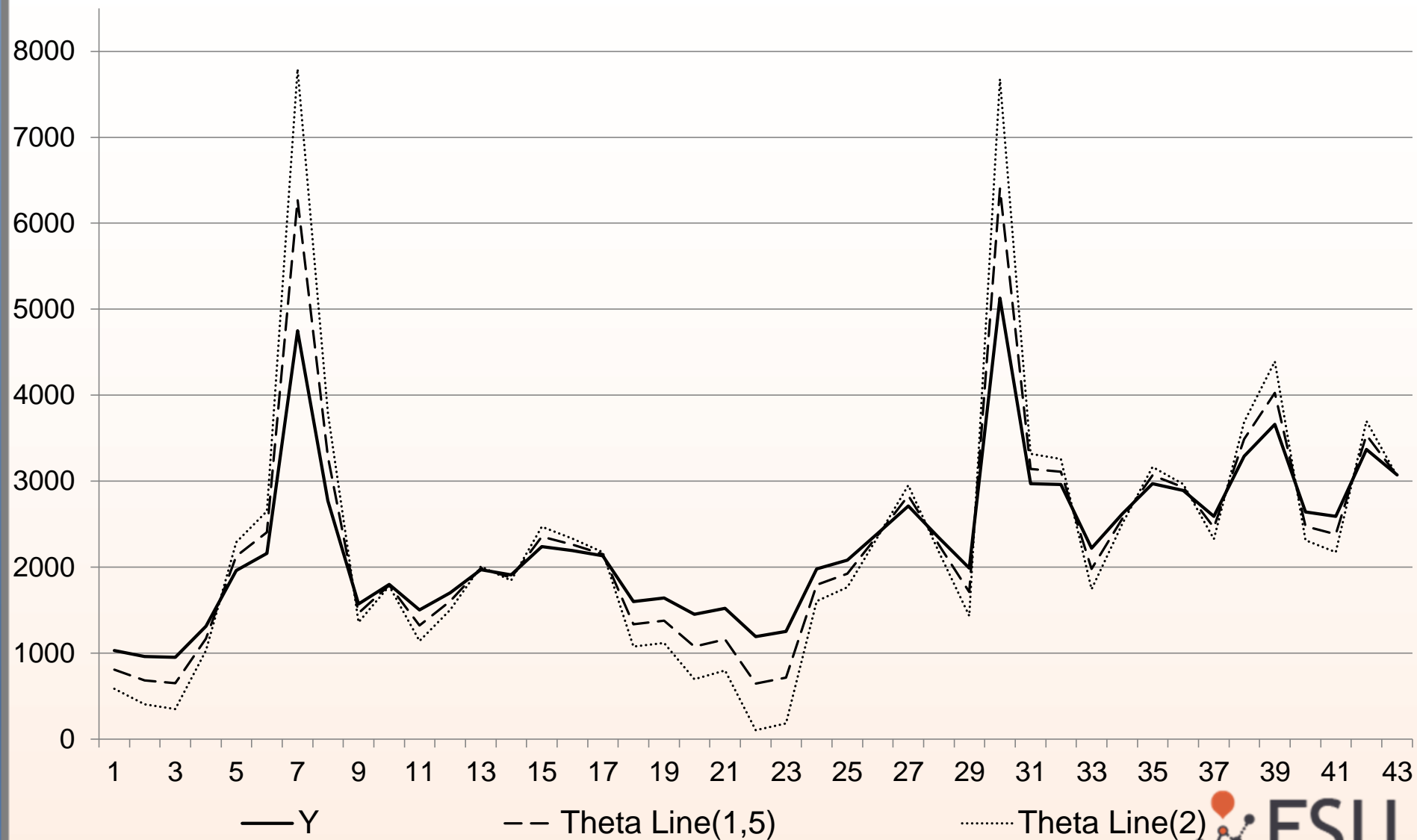
Η Μέθοδος Θ : Μια μέθοδος παραγωγής προβλέψεων βασισμένη σε μια διαφορετική προσέγγιση αποσύνθεσης

- Η μέθοδος Theta εισήγαγε μια διαφορετική προσέγγιση αποσύνθεσης σύμφωνα με την οποία τα αποεποχικοποιημένα δεδομένα διαχωρίζονται σε επιμέρους συνιστώσες (γραμμές Theta) διαφορετικών μακροπρόθεσμων και βραχυπρόθεσμων χαρακτηριστικών.
- Η πρόκληση για τη συγκεκριμένη μέθοδο ήταν να αυξήσει το βαθμό αξιοποίησης της χρήσιμης πληροφορίας που είναι κρυμμένη στα δεδομένα, πριν την εφαρμογή ενός μοντέλου προέκτασης χρονοσειρών (extrapolation).
- Ουσιαστικά, η μέθοδος Theta λειτουργεί ως ένας μεγεθυντικός φακός μέσα από τον οποίο οι διακυμάνσεις της χρονοσειράς μεγεθύνονται ή συρρικνώνονται. Έτσι, ο γραμμικός συνδυασμός των προβλέψεων των συνιστωσών γίνεται μέσα από την όλη διαδικασία σαφώς πιο αποδοτικός.

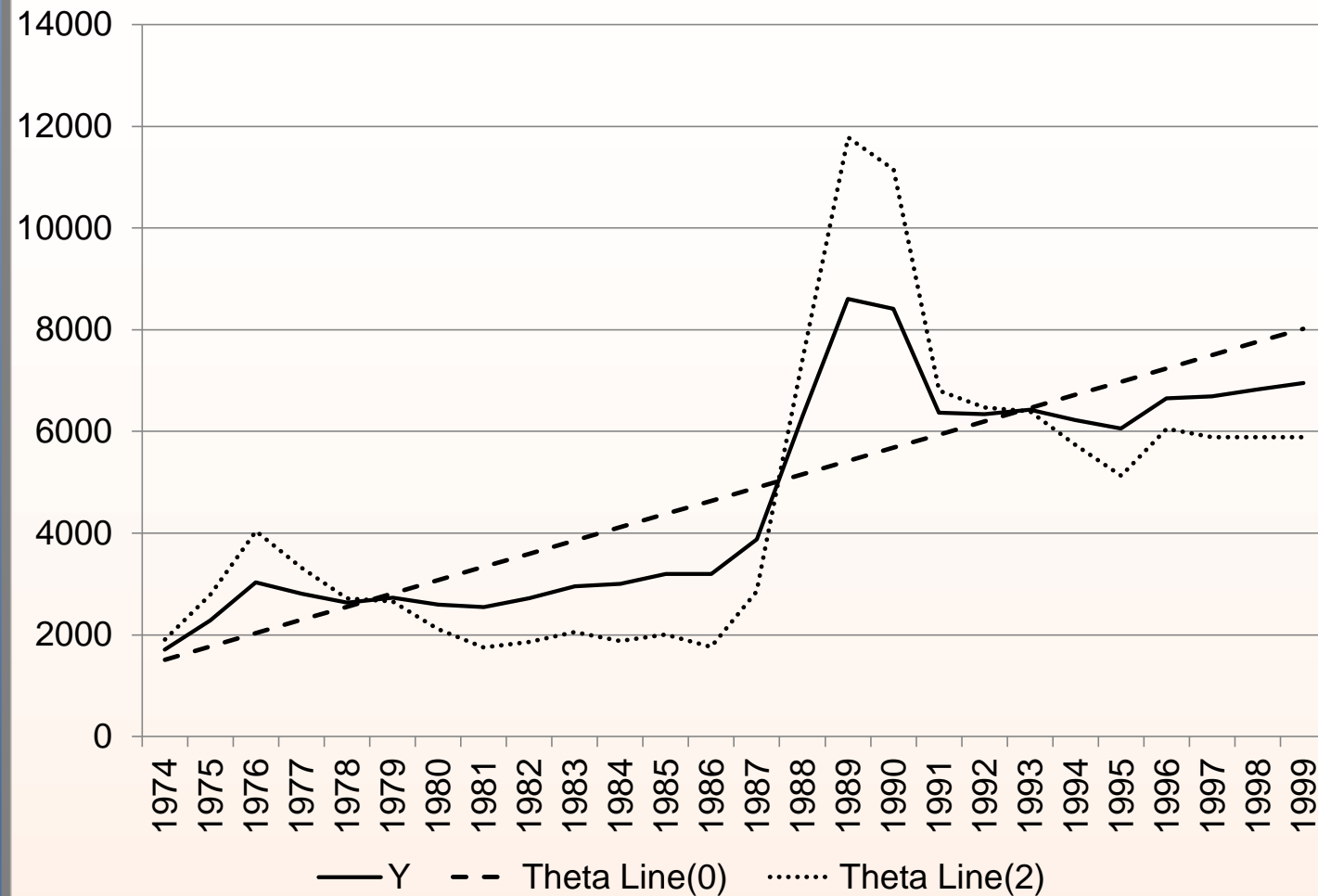
Γραμμές Θ ($\theta < 1$)



Γραμμές Θ ($\theta > 1$)



Το Κλασικό Μοντέλο Θ



$$Y_t = \frac{1}{2} \cdot (Y_t^{\theta=0} + Y_t^{\theta=2})$$

Το κλασσικό Μοντέλο Θ στην πράξη

- **Βήμα 0. Έλεγχος Εποχιακότητας**

Η κάθε χρονοσειρά ελέγχεται για εποχιακή συμπεριφορά με κριτήριο την τιμή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης με καθυστέρηση ένα έτος (π.χ. για μηνιαία δεδομένα 12) συγκρινόμενη με την τιμή 1.645 (τιμή της t -κατανομής για πιθανότητα 0.1)

- **Βήμα 1. Αποεποχικοποίηση**

Η χρονοσειρά αποεποχικοποιείται με την κλασσική μέθοδο αποσύνθεσης

- **Βήμα 2. Αποσύνθεση**

Κάθε χρονοσειρά αποσυντίθεται σε δύο γραμμές Θ , για $\theta=0$ και $\theta=2$

- **Βήμα 3. Πρόβλεψη**

Η γραμμή $\theta=0$ προεκτείνεται με απλή γραμμική παλινδρόμηση (LRL) ενώ η γραμμή $\theta=2$ με απλή εκθετική εξομάλυνση (SES)

- **Βήμα 4. Συνδυασμός**

Οι προηγούμενες προβλέψεις συνδυάζονται με ίσα βάρη

- **Βήμα 5. Εποχικοποίηση**

Οι τελικές προβλέψεις εποχικοποιούνται

Μοντέλο Θ

Hyndman & Billah*:

“SES with drift?”

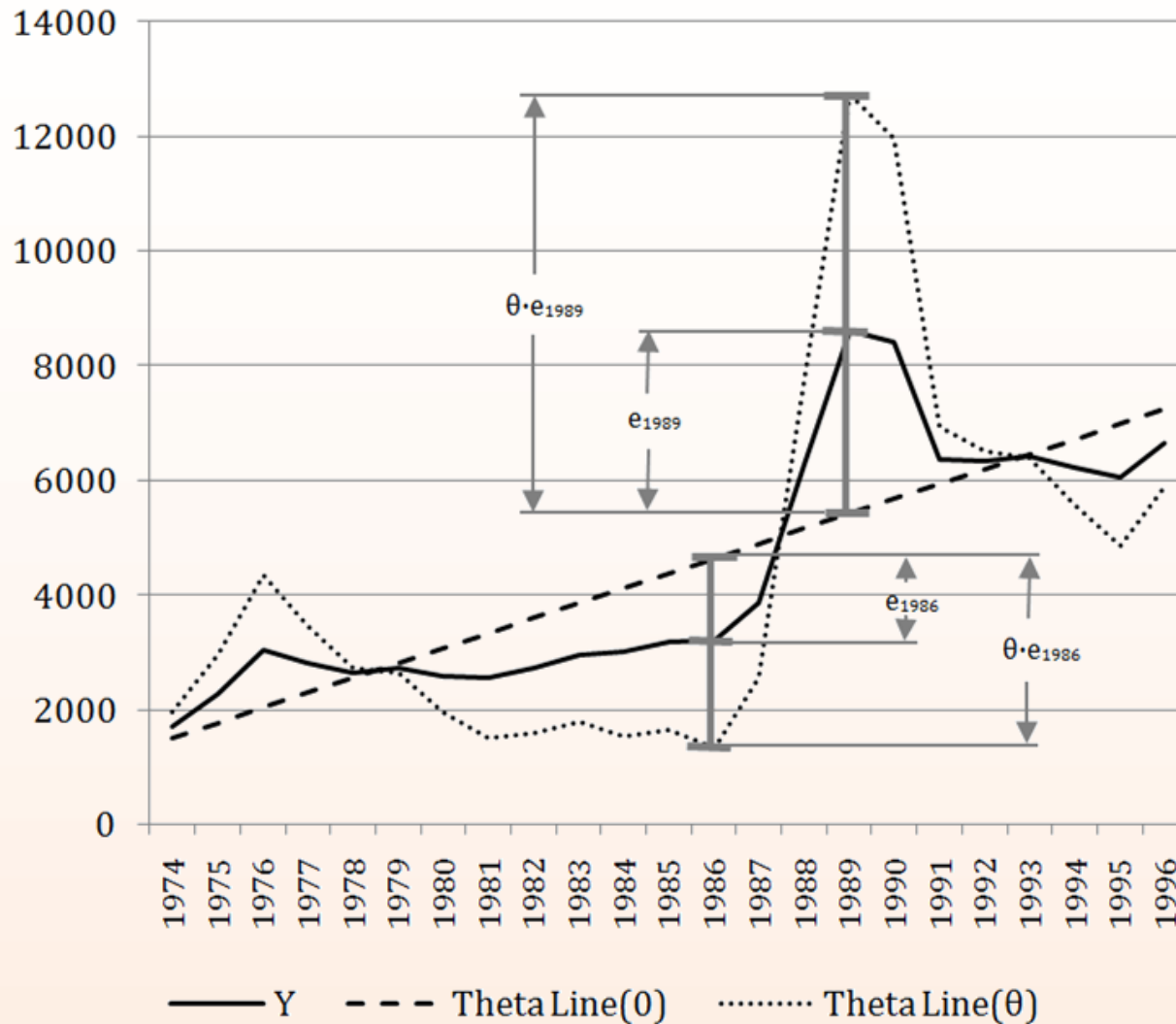
* Hyndman, R. J., Billah, B. (2003). Unmasking the Theta method. International Journal of Forecasting, 19 (2), 287-290

Υπολογίζοντας τις γραμμές Theta

- Για το κλασσικό μοντέλο Theta (παράμετροι 0 και 2) οι γραμμές Theta υπολογίζονται ως εξής:
 - $\text{Theta Line}(0) = \text{LRL}$
 - $\text{Theta Line}(2) = 2 \times \text{Data} - \text{LRL}$
- Γενικότερα ισχύει*:
 - $\text{Theta Line}(\theta) = \theta \times \text{Data} + (1-\theta) \times \text{LRL}$
 - Ισοδύναμα: $\text{Theta Line}(\theta) = \text{LRL} + \theta \times e_{\text{LRL}}$

* Nikolopoulos, K., Assimakopoulos, V., Bougioukos, N., Litsa, A., Petropoulos, F. (2011). The Theta Model: An Essential Forecasting Tool for Supply Chain Planning. In: Lee G. (eds) Advances in Automation and Robotics, Vol. 2. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 123. Springer, Berlin, Heidelberg

Υπολογίζοντας τις γραμμές Theta



Υπολογίζοντας το Μοντέλο Theta

- Στην περίπτωση χρήσης δύο γραμμών Θ με παραμέτρους θ_1 και θ_2 , το γενικευμένο μοντέλο Θ εκφράζεται ως εξής:

$$Y_t = w_{\theta_1} \text{TL}(\theta_1) + w_{\theta_2} \text{TL}(\theta_2)$$

- Αποδεικνύεται πως προκειμένου αυτές να αναπαράγουν τα αρχικά δεδομένα, οφείλονται να συνδυάζονται ως εξής:

$$w_{\theta_1} = \frac{\theta_2 - 1}{\theta_2 - \theta_1} \text{ και } w_{\theta_2} = 1 - w_{\theta_1}, \theta_1 \leq 1 \text{ \& } \theta_2 \geq 1$$

- Αν η μία γραμμή είναι η $\text{TL}(0)$, πράγμα που προτείνεται για την καλύτερη αποτίμηση της μακροπρόθεσμης τάσης της χρονοσειράς, ισχύει:

$$w_0 = \frac{\theta - 1}{\theta} \text{ και } w_\theta = \frac{1}{\theta}, \theta \geq 1$$

Υπολογίζοντας το Μοντέλο Theta

- Σημειώνεται πως στο παρακάτω μοντέλο

$$Y_t = w_{\theta_1} \text{TL}(\theta_1) + w_{\theta_2} \text{TL}(\theta_2)$$

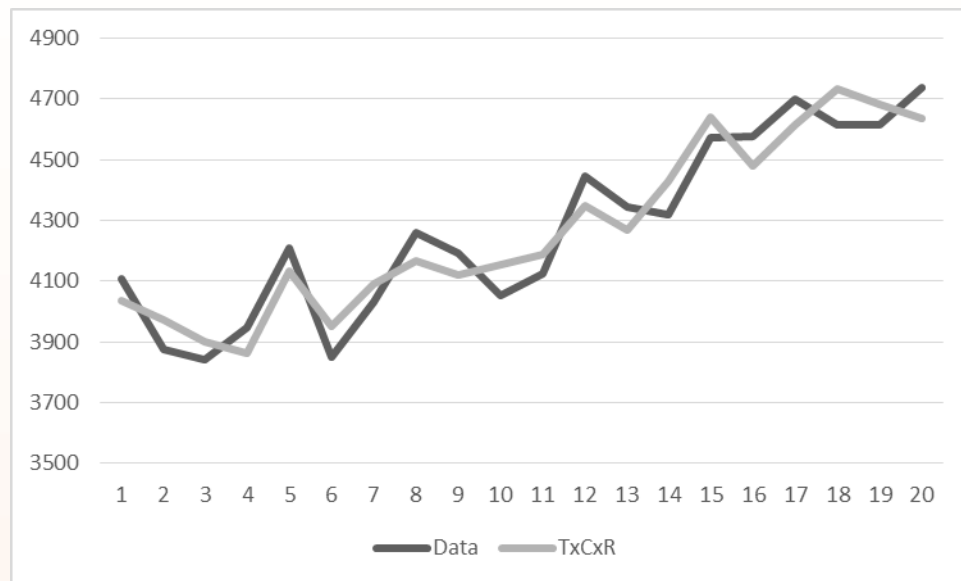
οι επιμέρους γραμμές μπορούν να προεκταθούν κατά το δοκούν και δεν υπάρχουν θεωρητικά περιορισμοί.

- Επίσης, μπορεί κανείς ελεύθερα να προσθέσει ή και να αφαιρέσει γραμμές Θ .
- Πρακτικά, για λόγους απλότητας, επιλέγεται συνήθως η χρήση δύο γραμμών, όπου η μία έχει παράμετρο $\theta=0$ και η άλλη $\theta>1$. Έτσι, η πρώτη (προέκταση με LRL) προσδιορίζει την τάση και η δεύτερη (προέκταση με SES) το επίπεδο.

Παράδειγμα Theta (1 από 5)

Period	Data	TxC	SxRx100	I=SxR=S	TxCxR
1	4109			101,79	4036,68
2	3874			97,48	3974,13
3	3842	3955,00	97,14	98,54	3899,03
4	3946	3964,25	99,54	102,19	3861,43
5	4207	3984,75	105,58	101,79	4132,95
6	3850	4047,50	95,12	97,48	3949,51
7	4030	4085,00	98,65	98,54	4089,82
8	4260	4108,38	103,69	102,19	4168,71
9	4193	4145,50	101,15	101,79	4119,20
10	4051	4180,63	96,90	97,48	4155,70
11	4126	4222,63	97,71	98,54	4187,24
12	4445	4275,00	103,98	102,19	4349,74
13	4344	4364,13	99,54	101,79	4267,54
14	4319	4436,13	97,36	97,48	4430,63
15	4571	4496,88	101,65	98,54	4638,85
16	4576	4578,13	99,95	102,19	4477,93
17	4699	4620,25	101,70	101,79	4616,30
18	4614	4645,75	99,32	97,48	4733,25
19	4613			98,54	4681,47
20	4738			102,19	4636,46

➤ Αποεποχικοποίηση εποχιακής τριμηνιαίας χρονοσειράς



	min	max	average (w/o min & max)	SI
	105,58	101,15	99,54	101,70
	95,12	96,90	97,36	99,32
97,14	98,65	97,71	101,65	
99,54	103,69	103,98	99,95	

sum 398,559
Σ.Κ. 0,9964

Παράδειγμα Theta (2 από 5)

➤ Υπολογισμός γραμμής TL(0)

<u>X</u>		<u>Numerator</u>			<u>Denominator</u>	ThetaLine(0)	
<u>Period</u>	<u>Data</u>	<u>X-Mean(X)=A</u>	<u>Y-Mean(Y)=B</u>	<u>A*B</u>	<u>(X-Mean(X))^2</u>	<u>b=slope</u>	<u>LRL</u>
1	4036,68	-9,5	-233,67	2219,87	90,25	444.623	3846.42
2	3974,13	-8,5	-296,22	2517,88	72,25		3891.05
3	3899,03	-7,5	-371,32	2784,92	56,25	3801.8	3935.67
4	3861,43	-6,5	-408,92	2657,95	42,25		3980.29
5	4132,95	-5,5	-137,40	755,68	30,25	4069.54	4024.92
6	3949,51	-4,5	-320,84	1443,79	20,25		4114.16
7	4089,82	-3,5	-180,53	631,86	12,25	4158.79	4203.41
8	4168,71	-2,5	-101,64	254,11	6,25		4248.03
9	4119,20	-1,5	-151,15	226,72	2,25	4292.66	4337.28
10	4155,70	-0,5	-114,65	57,32	0,25		4381.90
11	4187,24	0,5	-83,11	-41,55	0,25	4426.53	4471.15
12	4349,74	1,5	79,39	119,09	2,25		4515.77
13	4267,54	2,5	-2,81	-7,02	6,25	4560.40	4605.02
14	4430,63	3,5	160,28	560,98	12,25		4649.64
15	4638,85	4,5	368,50	1658,24	20,25	4694.27	4738.89
16	4477,93	5,5	207,58	1141,71	30,25		4783.51
17	4616,30	6,5	345,95	2248,64	42,25	4828.14	4828.14
18	4733,25	7,5	462,90	3471,78	56,25		
19	4681,47	8,5	411,12	3494,53	72,25		
20	4636,46	9,5	366,11	3478,06	90,25		
21							
22							
23							
<u>Average</u>	10,5	4270,329	<u>Sum</u>	29674.52	665		

Παράδειγμα Theta (3 από 5)

➤ Υπολογισμός γραμμής TL(2) και προέκταση γραμμών Θ

Period	Data	ThetaLine(0)	ThetaLine(2)
1	4036,68	3846.42	4226.94
2	3974,13	3891.05	4057.21
3	3899,03	3935.67	3862.39
4	3861,43	3980.29	3742.57
5	4132,95	4024.92	4240.98
6	3949,51	4069.54	3829.48
7	4089,82	4114.16	4065.48
8	4168,71	4158.79	4178.63
9	4119,20	4203.41	4034.99
10	4155,70	4248.03	4063.37
11	4187,24	4292.66	4081.82
12	4349,74	4337.28	4362.20
13	4267,54	4381.90	4153.18
14	4430,63	4426.53	4434.73
15	4638,85	4471.15	4806.55
16	4477,93	4515.77	4440.09
17	4616,30	4560.40	4672.20
18	4733,25	4605.02	4861.48
19	4681,47	4649.64	4713.30
20	4636,46	4694.27	4578.65
21		4738.89	
22		4783.51	
23		4828.14	

SES on ThetaLine(2) with $\alpha=0.5$
4226.94
4131.81
4052.97
3976.00
3918.71
4025.83
3987.67
4038.75
4103.73
4111.46
4133.58
4160.41
4255.08
4261.31
4345.97
4492.41
4485.17
4550.73
4641.99
4661.73
4649.10
4649.10
4649.10

Παράδειγμα Theta (4 από 5)

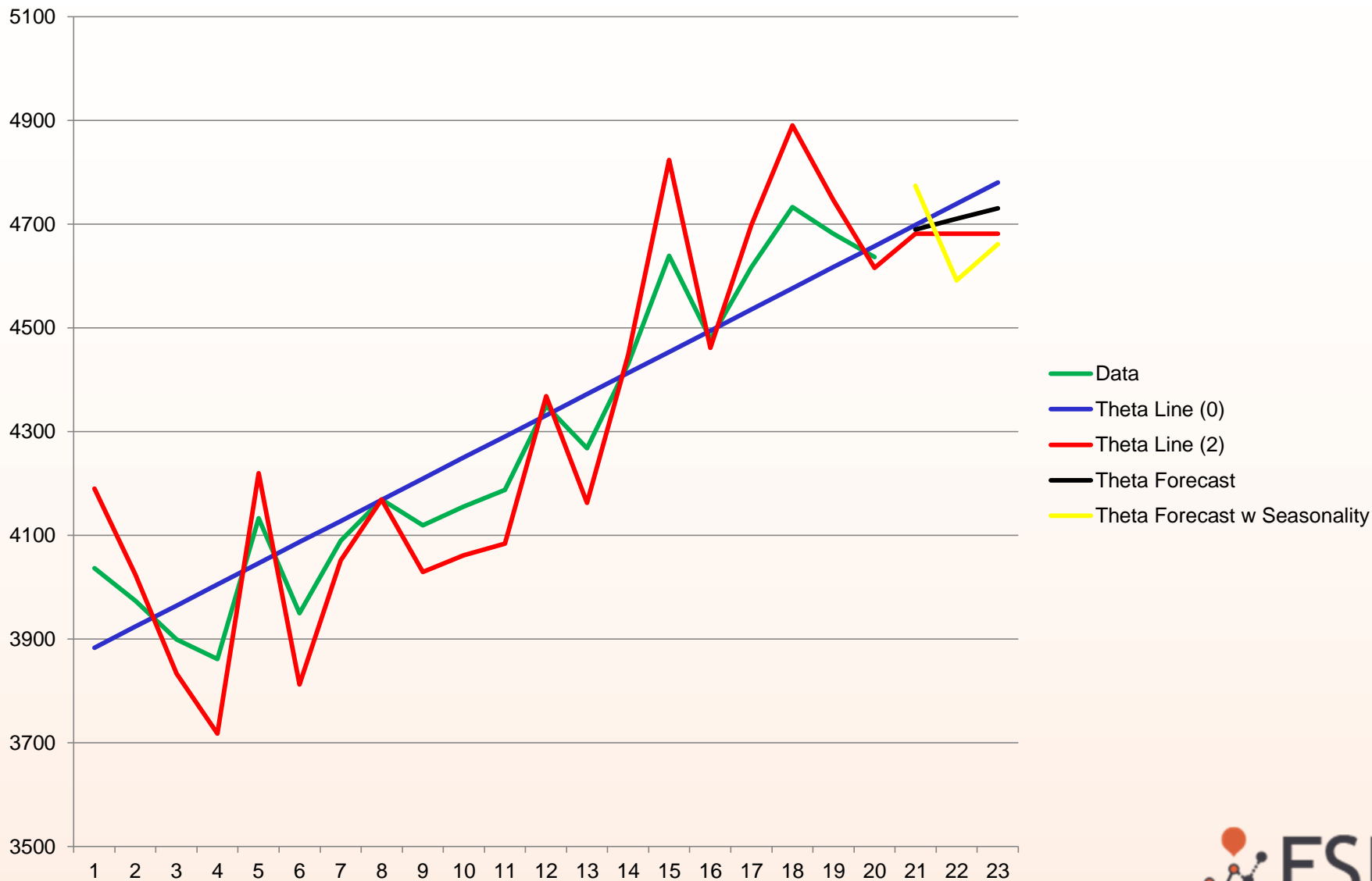
➤ Συνδυασμός προβλέψεων και εποχικοποίηση

Period	Data	ThetaLine(0)	ThetaLine(2)
1	4036,679	3846.42	4226.937
2	3974,128	3891.05	4057.213
3	3899,027	3935.67	3862.39
4	3861,435	3980.29	3742.567
5	4132,955	4024.92	4240.983
6	3949,508	4069.54	3829.48
7	4089,817	4114.16	4065.477
8	4168,706	4158.79	4178.633
9	4119,201	4203.41	4034.99
10	4155,703	4248.03	4063.367
11	4187,242	4292.66	4081.823
12	4349,741	4337.28	4362.2
13	4267,543	4381.90	4153.177
14	4430,63	4426.53	4434.733
15	4638,848	4471.15	4806.55
16	4477,934	4515.77	4440.087
17	4616,295	4560.40	4672.203
18	4733,255	4605.02	4861.48
19	4681,471	4649.64	4713.297
20	4636,462	4694.27	4578.653
21		4738.89	4649.10
22		4783.51	4649.10
23		4828.14	4649.10

Theta Forecast	SI	Theta Forecast with Seasonality
----------------	----	---------------------------------

4693.99	101,79	4778.02
4716.30	97,48	4597.45
4738.62	98,54	4669.43

Παράδειγμα Theta (5 από 5)



Διαγωνισμοί Πρόβλεψης

Στόχοι των διαγωνισμών πρόβλεψης:

- Δημιουργία ερεθισμάτων στους ερευνητές για την υλοποίηση νέων και ακριβέστερων μεθόδων πρόβλεψης
- Σύγκριση και ταξινόμηση των μεθόδων πρόβλεψης με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του σφάλματος
- Εύρεση της ακριβέστερης μεθόδου πρόβλεψης ανά τύπο χρονοσειράς (χαρακτηριστικά, είδος, συχνότητα, μήκος)
- Έλεγχος της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων προηγούμενων διαγωνισμών πρόβλεψης

<https://robjhyndman.com/hyndsight/forecasting-competitions/>

Διαγωνισμός M1

Έτος διεξαγωγής 1982 | 1,001 χρονοσειρές | 15 μέθοδοι πρόβλεψης & 9 παραλλαγές

- Οι στατιστικά πολύπλοκες ή εξεζητημένες μέθοδοι δεν παράγουν απαραίτητα και ακριβέστερες προβλέψεις σε σχέση με τις πιο απλές.
- Η σχετική κατάταξη της απόδοσης των διαφόρων μεθόδων ποικίλει ανάλογα με το κριτήριο ακρίβειας που χρησιμοποιείται.
- Ο συνδυασμός απλών μεθόδων πρόβλεψης συνήθως οδηγεί σε καλύτερη ακρίβεια σε σχέση με αυτή των επιμέρους μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν.
- Η ακρίβεια πρόβλεψης εξαρτάται από την έκταση του ορίζοντα πρόβλεψης.

Διαγωνισμός M2

Έτος διεξαγωγής 1993 | 29 χρονοσειρές | 16 μέθοδοι πρόβλεψης & 3 συνδυασμοί μεθόδων

- Συνδυασμός στατιστικών προβλέψεων με κριτικές προβλέψεις βάσει εξωτερικής πληροφόρησης και εμπειρίας
 - Συνεχής επικοινωνία αναλυτών με επιχειρήσεις και οργανισμούς για τη βελτίωση της προβλεπτικής ακρίβειας των μεθόδων.
 - Εκπαίδευση των αναλυτών μέσω της επαναλαμβανόμενης κατάθεσης προβλέψεων σε πραγματικό χρόνο.
- Παρά τις επιπλέον πληροφορίες που δόθηκαν, οι βελτιώσεις στην ακρίβεια των προβλέψεων ήταν μικρές ή και ανύπαρκτες

Διαγωνισμός M3 (1 από 2)

Έτος διεξαγωγής 2000 | 3,003 χρονοσειρές | 24 μέθοδοι πρόβλεψης

- Επιβεβαιώθηκαν τα βασικά συμπεράσματα του διαγωνισμού M1
- Κατασκευάστηκε ένα μεγάλο σετ δεδομένων το οποίο αποτελεί ακόμα και σήμερα σημείο αναφοράς (benchmark) για τον έλεγχο της προβλεπτικής ακρίβειας νέων μεθόδων
- Καθιερώθηκε η χρήση γνωστών σετ δεδομένων και μεθόδων για την εξακρίβωση της προβλεπτικής ακρίβειας νέων μεθόδων
- Αναδείχτηκε το μοντέλο Θ ως μία νέα ακριβής μέθοδος πρόβλεψης

Διαγωνισμός Μ3 (2 από 2)

Συνοπτικά Αποτελέσματα

Μέθοδος Πρόβλεψης	SMAPE (σύνολο 1,428 μηνιαίων χρονοσειρών)	SMAPE (σύνολο 3,003 χρονοσειρών)
THETA	13.85	13.01
ForecastPro	13.86	13.19
ForcX	14.45	13.49
COMB S-H-D	14.48	13.52
DAMPEN	14.59	13.63
THETA _{sm}	14.66	13.88
RBF	14.77	13.75
B-J automatic	14.81	14.01
AutomatANN	14.93	14.11
SMARTFCS	15.03	14.13

Διαγωνισμός M4 (1 από 2)

Έτος διεξαγωγής 2018 | 100,000 χρονοσειρές | Αναμένεται να συμμετάσχουν μέθοδοι κάθε τύπου (Στατιστικές, Μηχανικής Μάθησης & Συνδυασμός) | Χρηματικά έπαθλα

Συχνότητα / Τύπος	Micro	Industry	Macro	Finance	Demographic	Other	Total
Yearly	6,538	3,716	3,903	6,519	1,088	1,236	23,000
Quarterly	6,020	4,637	5,315	5,305	1,858	865	24,000
Monthly	10,975	10,017	10,016	10,987	5,728	277	48,000
Weekly	112	6	41	164	24	12	359
Daily	1,476	422	127	1,559	10	633	4,227
Hourly	0	0	0	0	0	414	414
Total	25,121	18,798	19,402	24,534	8,708	3,437	100,000

<https://www.m4.unic.ac.cy/>

Διαγωνισμός M4 (2 από 2)

- Σύγκριση ακρίβειας διαφορετικών μεθόδων πρόβλεψης και κυρίως των στατιστικών με αυτές της μηχανικής μάθησης (Machine Learning)*
- Σύγκριση ακρίβειας μεθόδων αναλυτών (ακαδημαϊκοί, εταιρίες, φοιτητές κτλ.) με απλές μεθόδους αναφοράς.
- Αξιοποίηση πλήθους δεδομένων για την εξακρίβωση της στατιστικής σημαντικότητας των αποτελεσμάτων.
- Αξιολόγηση προκατάληψης διαφόρων τύπων μεθόδων.
- Αξιολόγηση ακρίβειας διαστημάτων εμπιστοσύνης διαφόρων προσεγγίσεων.
- Συσχέτιση της προβλεπτικής ακρίβειας των μεθόδων με την ικανότητα προσαρμογής τους και τις υπολογιστικές τους απαιτήσεις.
- Επαλήθευση των αποτελεσμάτων (replicability) μέσω της υποβολής πληροφοριών, περιγραφών και ανοιχτού κώδικα.

* Makridakis, S., Spiliotis, E., Assimakopoulos, V. (2018). Statistical and Machine Learning forecasting methods: Concerns and ways forward. PLOS ONE 13(3): e0194889

Πειράματα Βελτιστοποίησης

- Στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του σφάλματος της Μεθόδου Πρόβλεψης Θ όταν αυτή εφαρμόζεται στα μηνιαία δεδομένα του Διαγωνισμού M3
- Το σύνολο των 18 παρατηρήσεων με το οποίο έγινε η αξιολόγηση στο διαγωνισμό M3 θεωρείται άγνωστο κατά τη διαδικασία υπολογισμού των μοντέλων πρόβλεψης
- Εξετάζονται τροποποιήσεις σε:
 - Δείκτες Εποχιακότητας
 - Προ-επεξεργασία δεδομένων
 - Μοντέλο μακροπρόθεσμης τάσης
 - Παράμετροι γραμμών Θ
 - Πλήθος γραμμών Θ
 - Παραμέτρους εξομάλυνσης SES

Δείκτες Εποχιακότητας

Τροποποίηση της μεθόδου υπολογισμού Δεικτών Εποχιακότητας

Μέθοδος Υπολογισμού Δεικτών Εποχιακότητας	SMAPE
Κλασσική Μέθοδος Αποσύνθεσης	13.85
James-Stein	13.79
Lemon-Krutchkoff	13.83
Miller-Williams	13.78

Βελτίωση: $(13.85 - 13.78) / 13.85 = 0.5\%$

Η καλύτερη εκτίμηση της εποχιακής συνιστώσας μπορεί να επιδράσει θετικά

Προ-επεξεργασία δεδομένων

Εξετάζεται η χρήση διαφόρων τεχνικών προετοιμασίας
χρονοσειρών

Μοντέλο τάσης	SMAPE
Αρχικά δεδομένα	13.87
Εξομάλυνση	13.71
Μ/Σ Λογαρίθμησης	13.47
Μ/Σ Box-Cox	13.49

Βελτίωση: $(13.87 - 13.47) / 13.87 = 2.9\%$

Η ανάδειξη του σήματος της χρονοσειράς μέσω της
εξάλειψης της τυχαιότητας μπορεί να επιδράσει ιδιαίτερως
θετικά

Μοντέλο μακροπρόθεσμης τάσης

Αντικαθίσταται η γραμμή μηδέν (LRL) με άλλες γραμμές για την απόδοση διαφορετικών μοτίβων τάσης

Μοντέλο τάσης	SMAPE
Linear (Κλασική Θ)	13.87
Exponential	13.68
Logarithmic	14.00
Inverse	14.25
Power	14.05
Combination	13.82

Βελτίωση: $(13.87-13.68)/13.87=1.4\%$

Η καλύτερη αποτίμηση του μοτίβου τάσης μπορεί να επιδράσει ιδιαίτερα θετικά

Παράμετροι γραμμών Θ

Αυτοματοποιημένη μέθοδος υπολογισμού των βαρών των γραμμών $\Theta(0)$ και $\Theta(2)$ ούτως ώστε το μοντέλο της πρόβλεψης να προσαρμόζεται βέλτιστα σε ένα σύνολο από 12 παρατηρήσεις που θεωρούνται «κρυφές»

Διάστημα στο οποίο κυμαίνονται τα βάρη των γραμμών $\Theta(0)$ και $\Theta(2)$	SMAPE
50%-50%	13.85
45%-55%	13.65
40%-60%	13.70
35%-65%	13.83
30%-70%	14.00

Βελτίωση: $(13.85 - 13.65) / 13.85 = 1.4\%$

Η μεταβολή των παραμέτρων θ (συνεισφορά τάσης-επιπέδου στην πρόβλεψη) ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς μπορεί να επιδράσει ιδιαίτερα θετικά

Πλήθος γραμμών Θ

Προστίθενται στο μοντέλο της πρόβλεψης κι άλλες γραμμές Θ , πέρα των γραμμών με παραμέτρους $\theta=0$ και $\theta=2$. Συγκεκριμένα ελέγχεται η συνεισφορά των γραμμών με παραμέτρους $\theta=-1$, $\theta=1$ και $\theta=3$

Συνδυασμός Γραμμών Θ	SMAPE
$50\% \times \text{Forecast}[L(0)] + 50\% \times \text{Forecast}[L(2)]$	13.85
$33\% \times \text{Forecast}[L(0)] + 33\% \times \text{Forecast}[L(2)] + 33\% \times \text{Forecast}[L(\theta_x)]$	14.34
$45\% \times \text{Forecast}[L(0)] + 45\% \times \text{Forecast}[L(2)] + 10\% \times \text{Forecast}[L(\theta_x)]$	13.71
$47.5\% \times \text{Forecast}[L(0)] + 47.5\% \times \text{Forecast}[L(2)] + 5\% \times \text{Forecast}[L(\theta_x)]$	13.70
$50\% \times \text{Forecast}[L(0)] + 30\% \times \text{Forecast}[L(2)] + 20\% \times \text{Forecast}[L(\theta_x)]$	13.74
$50\% \times \text{Forecast}[L(0)] + 40\% \times \text{Forecast}[L(2)] + 10\% \times \text{Forecast}[L(\theta_x)]$	13.68

Βελτίωση: $(13.85 - 13.67) / 13.85 = 1.3\%$

Η αξιοποίηση πρόσθετης πληροφορίας που εξάγεται μέσω της χρήσης άλλων γραμμών Θ μπορεί να επιδράσει ιδιαίτερα θετικά

Παράμετρος Εξομάλυνσης

Αλλαγή των ορίων του διαστήματος επιλογής του συντελεστή εξομάλυνσης α

Όρια διαστήματος Επιλογής του συντελεστή εξομάλυνσης	SMAPE
[0, 1]	13.85
[0.1, 1]	13.84
[0.2, 1]	13.89
[0, 0.9]	13.84
[0, 0.8]	13.87
[0.1, 0.9]	13.82

Βελτίωση: $(13.85 - 13.82) / 13.85 = 0.2\%$

Η εξαίρεση ακραίων τιμών κατά την επιλογή των παραμέτρων του μοντέλου μπορεί να επιδράσει θετικά