

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙΡΟΥ ΓΙΑ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙΡΟΥ

Παναγιώτα Λέκκα

Επιβλέπων καθηγητής : Αντώνης Αλεξανδρίδης

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

Τμήμα Λογιστικής και Χρηματοοικονομικής

Νοέμβριος 2022

Παράγωγα του Καιρού

Παράγωγα του καιρού καλούνται τα χρηματοπιστωτικά μέσα που αποτελούν μέρος μιας στρατηγικής διαχείρισης του κινδύνου που σχετίζεται με δυσμενείς ή απροσδόκητες καιρικές συνθήκες.

Τα παράγωγα του καιρού πραγματεύονται τόσο εντός όσο και εκτός της χρηματιστηριακής αγοράς είτε για λόγους αντιστάθμισης κινδύνου είτε απλώς για λόγους κερδοσκοπίας.

Τα καιρικά παράγωγα είναι γραμμένα πάνω σε δείκτες των οποίων οι υποκείμενες μεταβλητές είναι καιρικές, όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, η χιονόπτωση και η υγρασία.

Οι υποκείμενες μεταβλητές δεν μπορούν ούτε να αποθηκευτούν ούτε να εμπορευτούν, εξαιτίας της φύσης του καιρού.

Συνεπώς, διαφέρουν από τα κλασσικά παράγωγα και η ανθρώπινη παρέμβαση δεν μπορεί να επηρεάσει την αξία τους. Η τιμολόγησή τους εξαρτάται εξολοκλήρου από την έκβαση του καιρού.

Η Αγορά του Καιρού

- ❖ Σκοπός των Παραγώγων Καιρού
- ❖ Ιστορία των Παραγώγων Καιρού
- ❖ Συμμετέχοντες/ουσες στην Αγορά Καιρού
- ❖ Καιρικά Χρεόγραφα
- ❖ Καιρικά Παράγωγα και Ασφαλιστικά Συμβόλαια
- ❖ Κίνδυνος Βάσης
- ❖ Τιμολόγηση των Παραγώγων Θερμοκρασίας

Μοντελοποίηση της Ημερήσιας Θερμοκρασίας

Εξασφαλίζει τα ακριβέστερα δυνατά αποτελέσματα.

Κρίνεται δύσκολη η διεκπεραίωσή της, εξαιτίας της **εποχικότητας** που εμφανίζει η θερμοκρασία σε όλες της τις εκφάνσεις.

Κάποιοι ερευνητές προτείνουν τη μοντελοποίησή της με τη χρήση μιας διακριτής διαδικασίας.

Οι περισσότεροι ερευνητές, ωστόσο, θεωρούν καταλληλότερη την επιλογή μιας συνεχούς διαδικασίας είτε μέσω της εξάρτησης τής σε κάποιο βαθμό υστερήσεων με το παρελθόν είτε με τη χρήση μιας στοχαστικής διαφορικής εξίσωσης διάχυσης τής.

Χαρακτηριστικά της Θερμοκρασίας

Η πλειονότητα των ερευνητών που πραγματεύτηκε τη μελέτη για τη μοντελοποίηση της θερμοκρασίας συμπεραίνει τα εξής:

- ❖ ο μέσος όρος και η τυπική της απόκλιση εξελίσσονται στο χρόνο, καθώς το κλίμα μεταβάλλεται,
- ❖ η θερμοκρασία εμφανίζει έντονη εποχική διακύμανση, καθώς και μια αυξητική τάση (κυρίως τα τελευταία χρόνια),
- ❖ έχει μια απρόβλεπτη συνιστώσα, τον καιρικό θόρυβο,
- ❖ δεν μπορούν να εφαρμοστούν συνθήκες arbitrage,
- ❖ η βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη κρίνεται και η καταλληλότερη, ακόμη και για μακροπρόθεσμες τιμολογήσεις,
- ❖ οι περισσότεροι ερευνητές προτείνουν ως μία από τις καλύτερες μεθόδους τιμολόγησης τις προσομοιώσεις Monte – Carlo, οι οποίες προσδιορίζουν τις αποδόσεις των παραγώγων ως το μέσο όρο των αποδόσεων διάφορων υποθετικών σεναρίων.

Θερμοκρασία

- ❖ Τα 4/5 της συνολικής παγκόσμιας οικονομικής δραστηριότητας δέχονται επιρροές είτε άμεσα είτε έμμεσα από τον καιρό.
- ❖ Εκτιμάται περίπου ότι το 98 – 99% των καιρικών παραγώγων που διαπραγματεύονται είναι γραμμένα πάνω σε δείκτες της θερμοκρασίας.
- ❖ Οι αποδόσεις των καιρικών παραγώγων εξαρτώνται εξολοκλήρου από τη θερμοκρασία.
- ❖ Ορίζεται η μέση ημερήσια θερμοκρασία της i ημέρας ως ο μέσος όρος της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας της μέρας αυτής, δηλαδή:

$$T_i \equiv \frac{T_i^{max} + T_i^{min}}{2}$$

Βαθμοημέρες Θέρμανσης και Ψύξης

Για την ημέρα i με μέση ημερήσια θερμοκρασία T_i ορίζονται οι βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης ως εξής:

$$HDD_i \equiv \max\{65^\circ F - T_i, 0\} \quad \text{και} \quad CDD_i \equiv \min\{T_i - 65^\circ F, 0\}$$

- ~ Συμβόλαια στο CME
- ~ Δικαιώματα Προαίρεσης
- ~ Συμφωνίες Ανταλλαγής

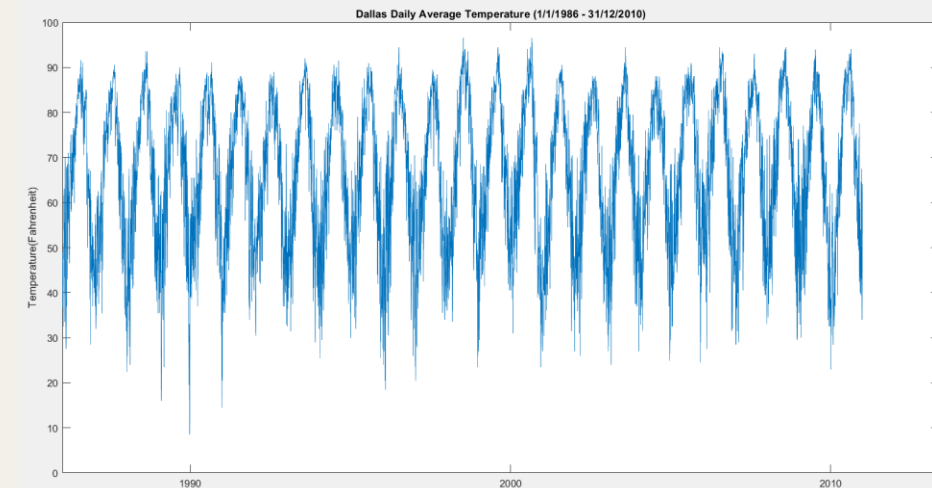
Διαδικασία Μοντελοποίησης και Πρόβλεψης

Η θερμοκρασία ως μεταβλητή περιγράφεται από το εξής ντετερμινιστικό μοντέλο:

$$T_t^m = A + Bt + C\sin(\omega t + \varphi)$$

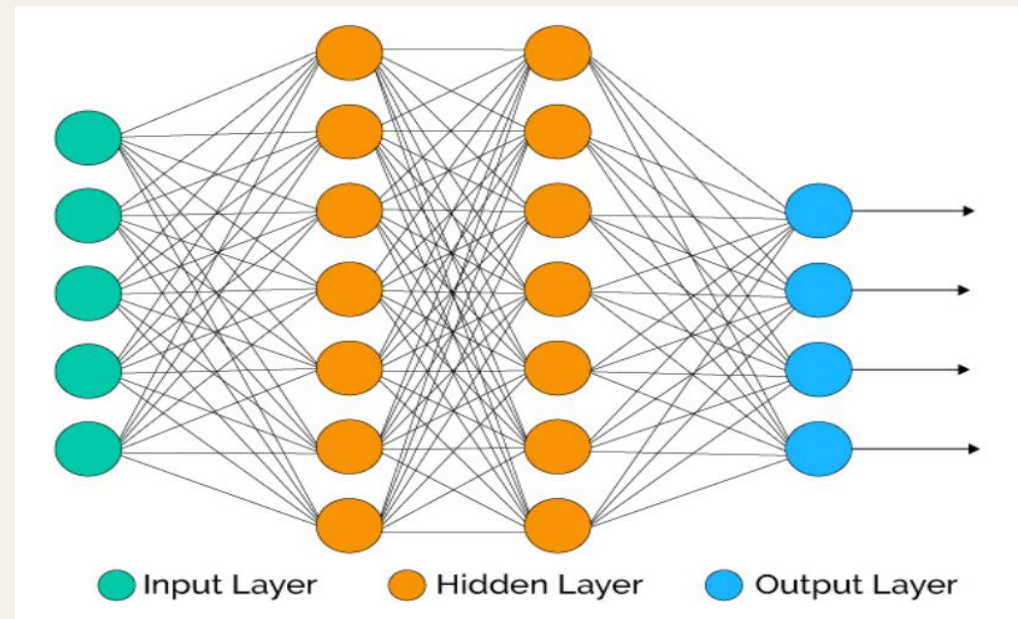
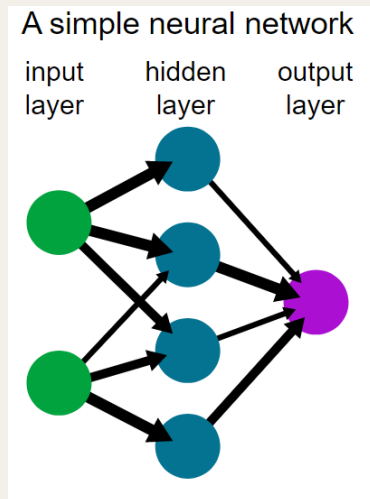
όπου

- ❖ $t = 1, 2, \dots, 365$, αγνοώντας τα δίσεκτα έτη,
- ❖ $\omega = \frac{2\pi}{365}$,
- ❖ $\sin(\omega t + \varphi)$ η συνάρτηση που περιγράφει τη διαδικασία της θερμοκρασίας,
- ❖ $A + Bt$ ο γραμμικός όρος που περιγράφει την τάση.
- ❖ φ η γωνία φάση που εισάγουμε στη συνάρτηση,



Νευρωνικά Δίκτυα

- ❖ Πρόκειται για κυκλώματα νευρώνων, δηλαδή, διασυνδεδεμένων μονάδων επεξεργασίας πληροφοριών.
- ❖ «Αντιγράφουν» τη φιλοσοφία της λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου, δηλαδή, λαμβάνουν πολλαπλά ερεθίσματα, τα επεξεργάζονται ταυτόχρονα και εξάγουν αποτελέσματα.
- ❖ Απαρτίζονται από τρία επίπεδα: το επίπεδο εισόδου, τα κρυφά στρώματα και το επίπεδο εξόδου.
- ❖ Οι νευρώνες συνδέονται μεταξύ τους με βάρη.



Διαδικασία της Εκπαίδευσης

Εάν τα αποτελέσματα δε μας ικανοποιήσουν, η διαδικασία της εκπαίδευσης μπορεί να επαναληφθεί από την αρχή.

Η σπουδαιότερη ιδιότητα των νευρωνικών δικτύων είναι η ικανότητά τους να εκπαιδεύονται. Η διαδικασία της εκπαίδευσης διεξάγεται σε τρία στάδια και περιλαμβάνει το διαχωρισμό του συνόλου των δεδομένων σε τρία υποσύνολα, ένα για το κάθε στάδιο.

Στάδιο της Εκπαίδευσης

Στάδιο της Πρόβλεψης

Στάδιο της Επικύρωσης

Παρατηρήσεις

- ❖ Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν τη δυνατότητα επανεκπαίδευσης και αναπροσαρμογής. Περίπλοκα προβλήματα συνήθως απαιτούν σύνθετα νευρωνικά δίκτυα, προκειμένου να παραχθούν αξιόπιστες προβλέψεις.
- ❖ Με την αύξηση του νευρωνικού δικτύου σε μέγεθος αυξάνεται και η ανάγκη βαρών του δικτύου, η πιθανολογική φύση των οποίων διεγείρει κινδύνους υπερεκτίμησης.
- ❖ Το βασικό ερώτημα που γεννάται επομένως, είναι κατά πόσο ένα νευρωνικό δίκτυο μπορεί να διατηρήσει την προβλεπτική του ικανότητα και αντοχή, έπειτα από υπερβολική προπόνηση.

Bayesian Regularization

Τεχνική κανονικοποίησης η οποία:

- ❖ μετατρέπει τα μη γραμμικά συστήματα σε «καλώς τοποθετημένα» προβλήματα,
- ❖ βασίζει τη λειτουργία της στο άθροισμα των τετραγωνικών σφαλμάτων και των τετραγώνων των βαρών του δικτύου,
- ❖ «τιμωρεί» τα υπερβολικά πολύπλοκα μοντέλα, οδηγώντας τα περιττά βάρη στο μηδέν,
- ❖ συνιστά έναν αριθμό αποτελεσματικών παραμέτρων ο οποίος συγκλίνει σε μία σταθερά, καθώς το δίκτυο μεγαλώνει.

Κεντρική Ιδέα της Μοντελοποίησης

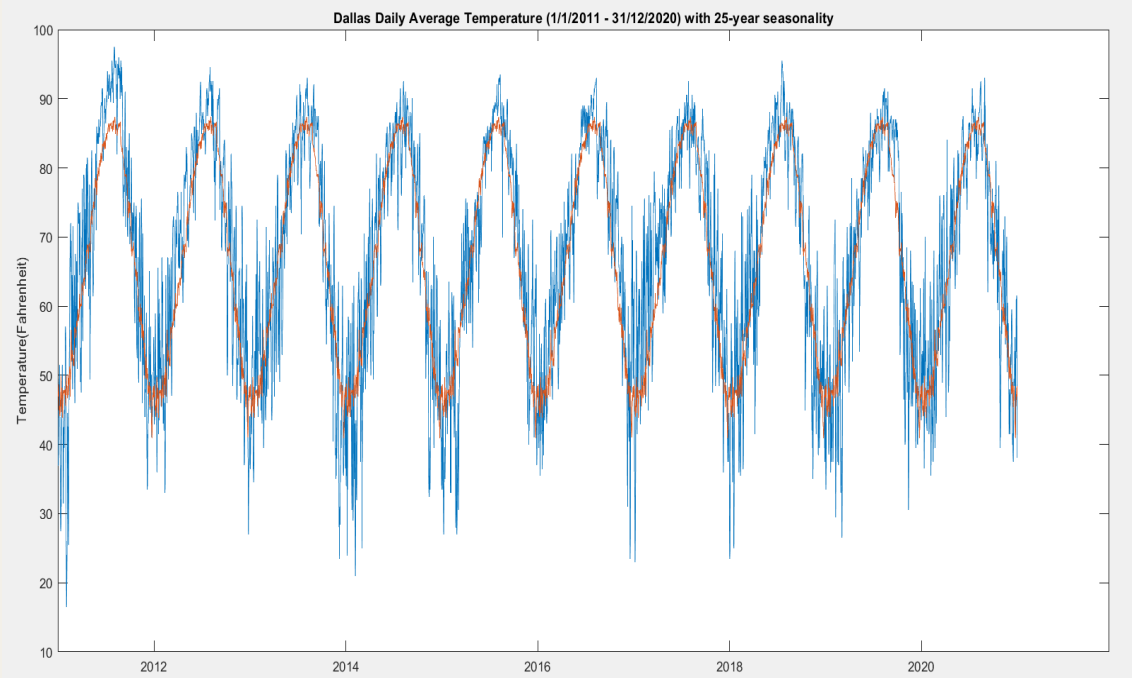
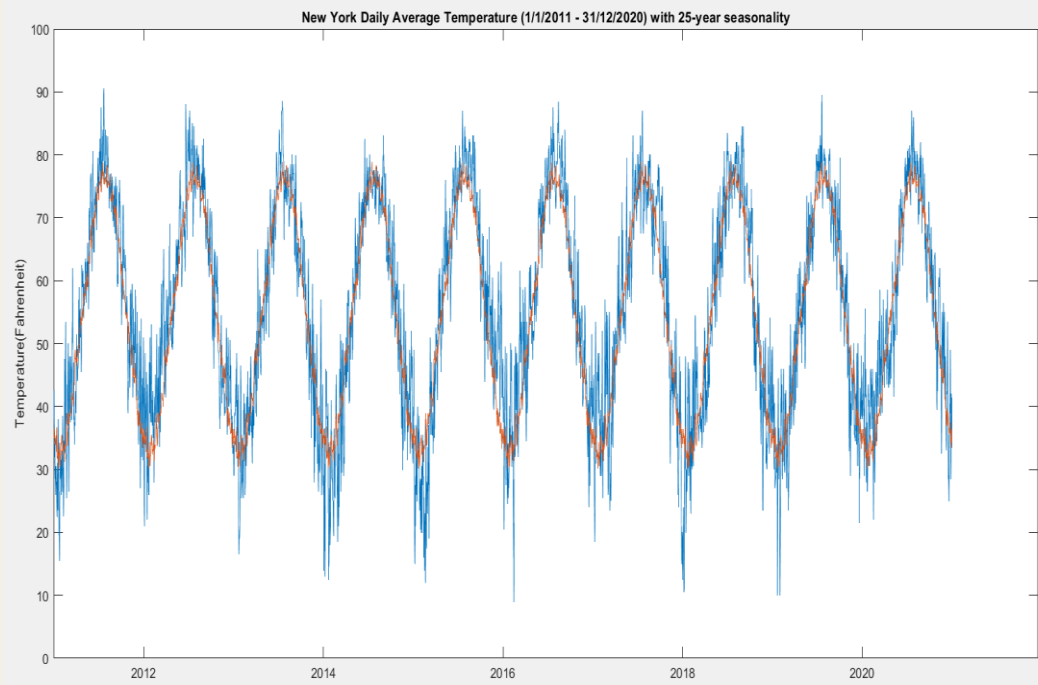
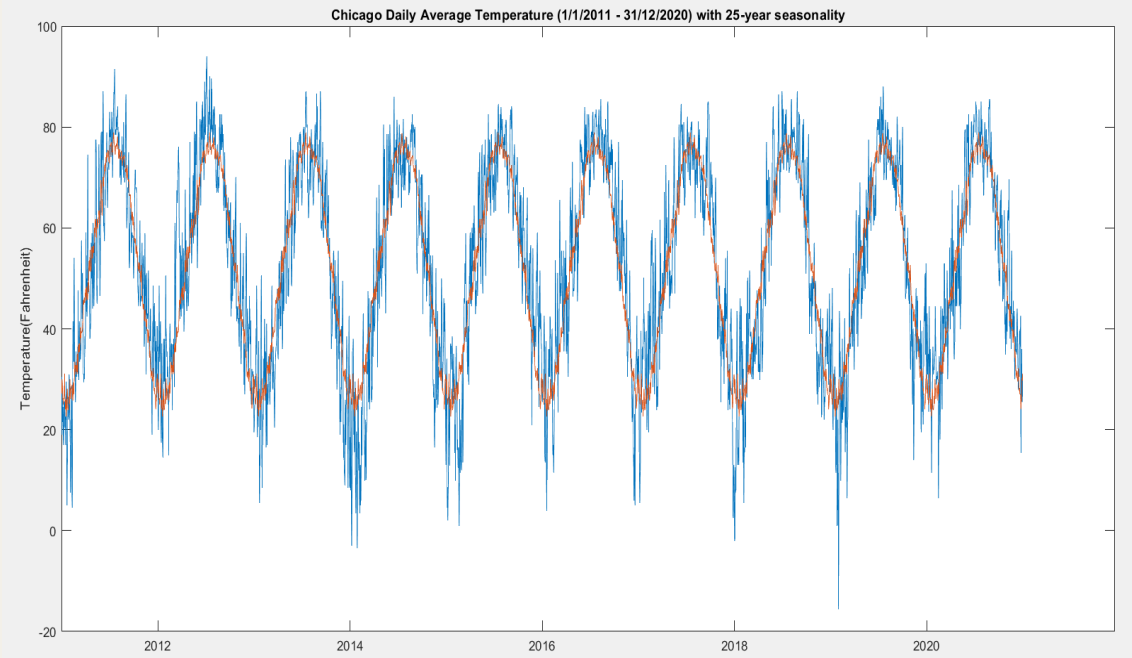
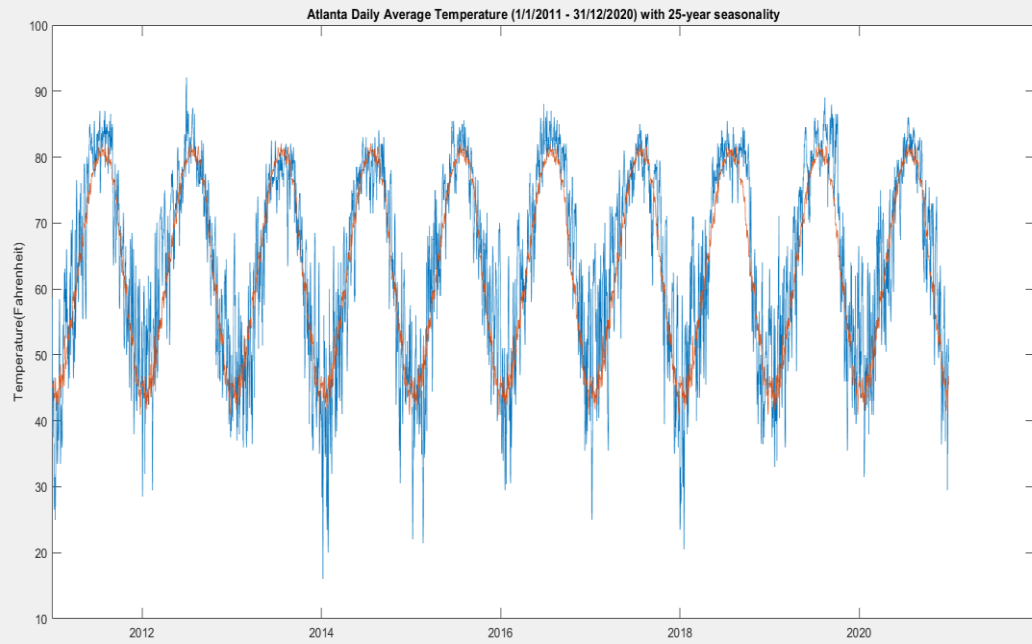
Η κεντρική ιδέα βασίζεται στη συλλογή πραγματικών δεδομένων 25 ετών, με σκοπό την εύρεση της εποχικότητας. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν στα έτη 1986 έως 2010.

Συγχρόνως, συλλέχθηκαν και τα πραγματικά δεδομένα των ετών 2011 έως 2020. Η δεκαετία αυτή αποτελεί την υπό μελέτη δεκαετία από το νευρωνικό δίκτυο.

Από όλα τα έτη έχει αφαιρεθεί η 29^η Φεβρουαρίου, προκειμένου για κάθε έτος να έχει προκύψουν 365 μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες

Στην εκπαίδευση του νευρωνικού χρησιμοποιούμε για τις προβλέψεις κάθε πόλεις 10 κρυφούς νευρώνες, αλλά διαφορετικό αριθμό υστερήσεων.

- ❖ Ατλάντα : 5 υστερήσεις
- ❖ Σικάγο : 3 υστερήσεις
- ❖ Νέα Υόρκη : 6 υστερήσεις
- ❖ Ντάλλας : 5 υστερήσεις



Προβλέψεις για τις 4 πόλεις

Ατλάντα

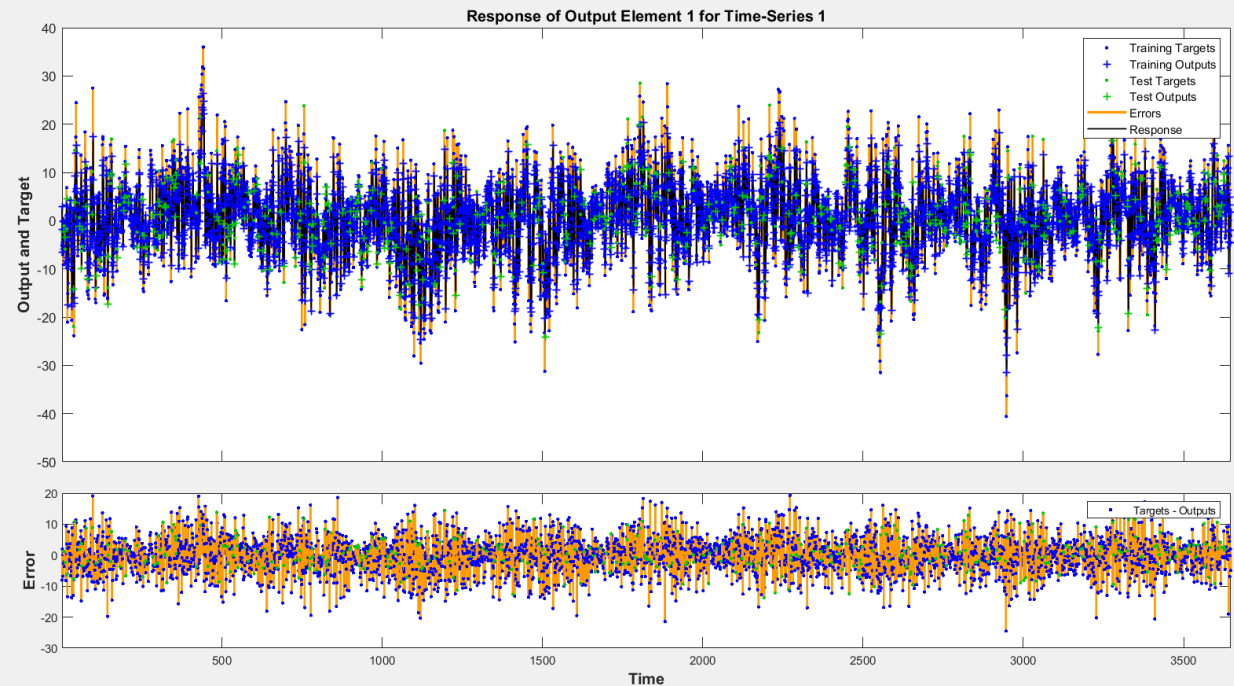
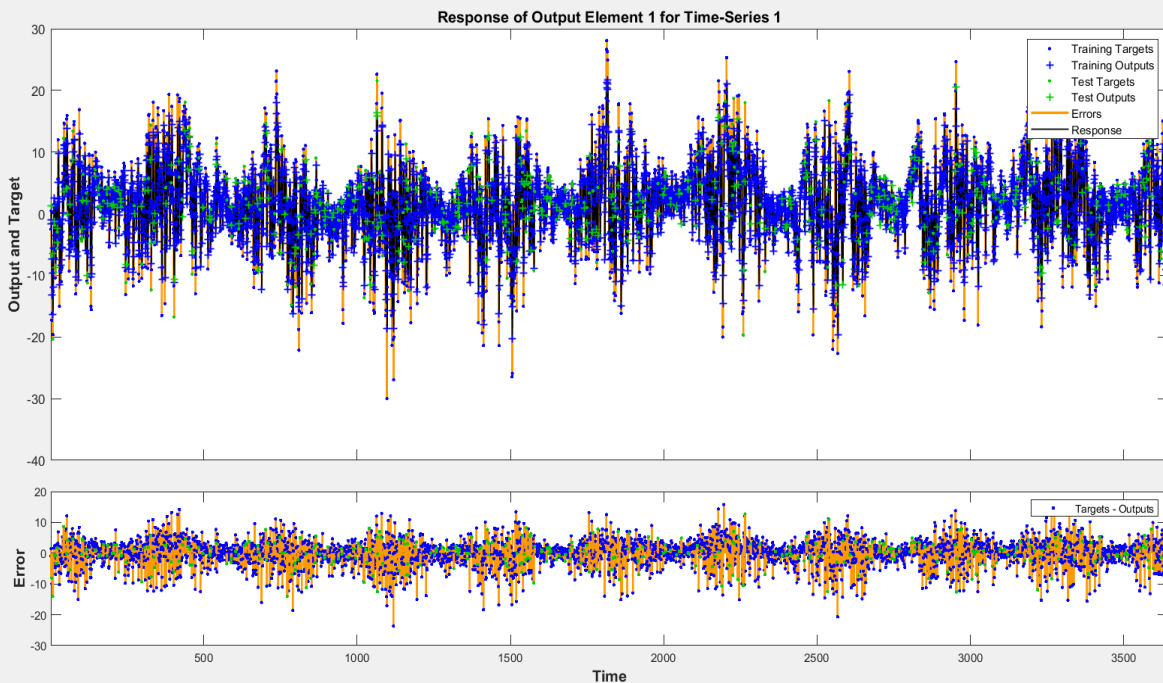
Results

	Target Values	MSE	R
Training:	2555	20.24936e-0	7.76352e-1
Validation:	730	0.00000e-0	0.00000e-0
Testing:	365	17.45693e-0	7.82647e-1

Σικάγο

Results

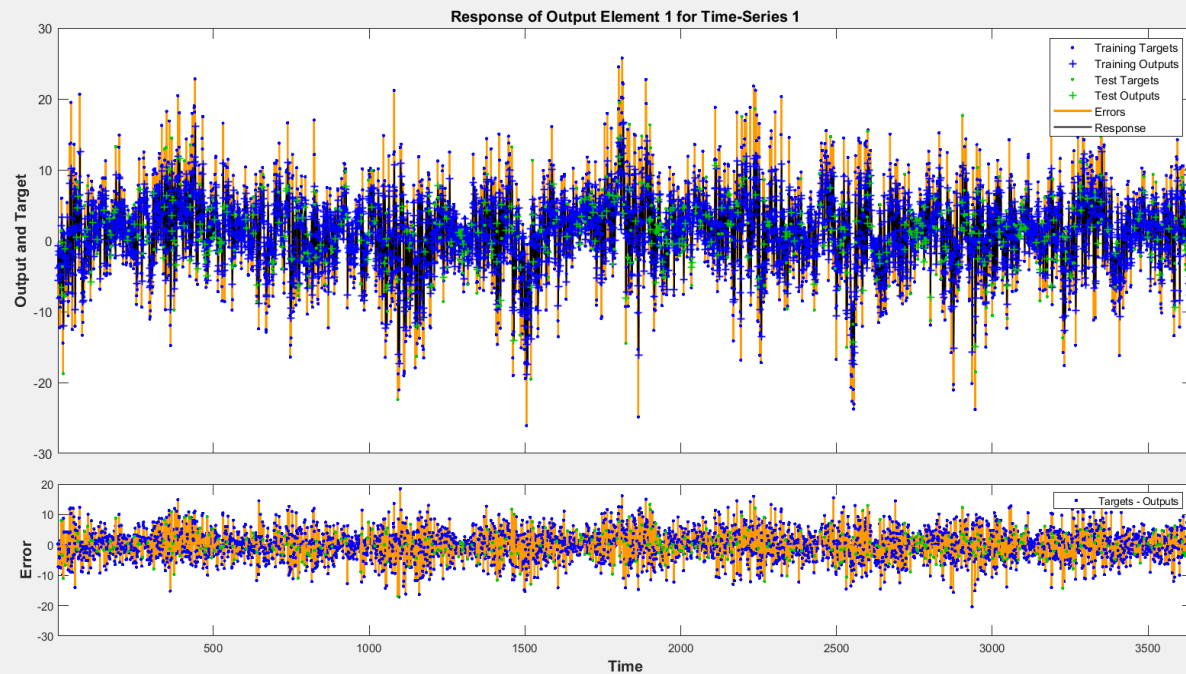
	Target Values	MSE	R
Training:	2555	34.73622e-0	7.55402e-1
Validation:	730	0.00000e-0	0.00000e-0
Testing:	365	27.63817e-0	7.98677e-1



Νέα Υόρκη

Results

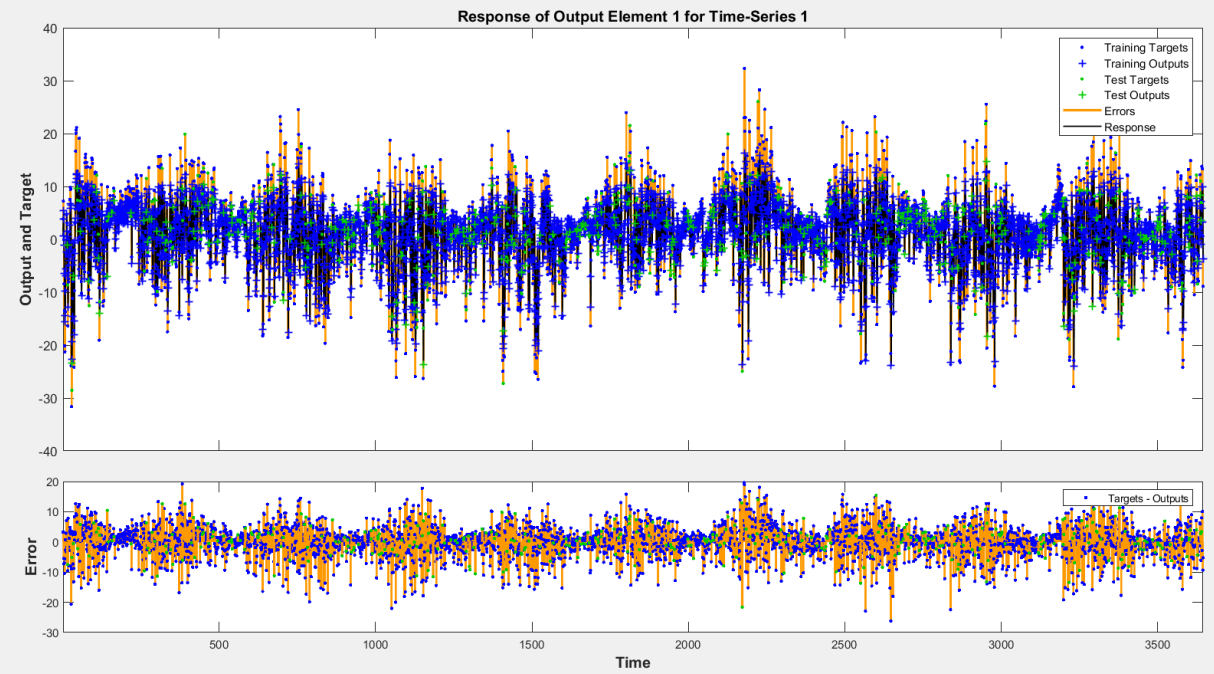
	Target Values	MSE	R
Training:	2555	24.62275e-0	6.68494e-1
Validation:	730	0.00000e-0	0.00000e-0
Testing:	365	21.89377e-0	6.78049e-1



Ντάλλας

Results

	Target Values	MSE	R
Training:	2555	29.07872e-0	7.18254e-1
Validation:	730	0.00000e-0	0.00000e-0
Testing:	365	24.20671e-0	7.76899e-1



Διαδικασία Benchmark

Για να μπορέσουμε να αποφανθούμε εντονότερα την ισχύ των προβλέψεών μας, κρίνεται αναγκαία η σύγκρισή τους με τα αποτελέσματα κάποιας άλλης αξιόπιστης τεχνικής.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε ως τεχνική σύγκρισης το «**μέσο τετραγωνικό σφάλμα**».

$$MSE = \sum_{i=1}^{365} (T_i - MT_i)^2$$

όπου T_i η μέση ημερήσια θερμοκρασία της κάθε ημέρας του έτους 2020 και MT_i η εποχικότητα, δηλαδή ο μέσος όρος εκάστης μέρας των εννέα ετών από το 2011 έως το 2019.


Σύγκριση Αποτελεσμάτων

Συγκρίνοντας τις δύο τιμές για κάθε πόλη προκύπτει ότι το σφάλμα με τη χρήση του στατιστικού τύπου είναι τουλάχιστον τριπλάσιο από αυτό του νευρωνικού δικτύου για την Ατλάντα, παραπάνω από διπλάσιο για το Σικάγο και το Ντάλλας και τέλος σχεδόν διπλάσιο για τη Νέα Υόρκη. Και στις τέσσερις περιπτώσεις, το νευρωνικό δίκτυο μας εξασφάλισε σφάλματα μειωμένα τουλάχιστον κατά το ήμισυ. Συνεπώς, οι προβλέψεις μας είναι πολύ καλές και ενθαρρυντικές.

	Ατλάντα	Σικάγο	Νέα Υόρκη	Ντάλλας
MSE	17,45693	27,63817	21,89377	24,20671
N.Δ.				
MSE	57,4671	64,9423	42,4887	62,5896
Στ.Τ.				

Συμπεράσματα της Έρευνας

- ❖ Η τεχνογνωσία και η σύσταση των νευρωνικών δικτύων τα καθιστούν ως ένα εργαλείο άξιο εμπιστοσύνης για τη μοντελοποίηση της θερμοκρασίας.
- ❖ Επιτρέπουν την πραγματοποίηση μεγάλου αριθμού προβλέψεων, σε ελάχιστο χρόνο.
- ❖ Η επανεκπαίδευση του δικτύου επιφυλάσσει την προοπτική για ακόμη καλύτερες προβλέψεις.
- ❖ Κάποιες από τις προβλέψεις βρίσκονται πολύ κοντά στις τιμές στόχους, με τα αντίστοιχα σφάλματά τους να τείνουν σε τιμές κοντά στο μηδέν.
- ❖ Τα σφάλματα ακολουθούν κανονική κατανομή.
- ❖ Η χρήση περισσότερων από μία υστερήσεων φαίνεται να ταιριάζει στη συμπεριφορά της θερμοκρασίας στη διάρκεια της υπό μελέτης δεκαετία.
- ❖ Πιο πολλές υστερήσεις τείνουν να εξασφαλίζουν πιο συγκρατημένες προβλέψεις, με αποτέλεσμα, σε περίπτωση ακραίας μεταβολής να προκύπτουν πιο διαχειρίσιμα σφάλματα.

The background is a light beige color. In the top-left corner, there is a white circle partially cut off by the edge, with several blue dashed wavy lines extending downwards and to the right. In the bottom-right corner, there is another white circle partially cut off, with several blue dashed wavy lines extending upwards and to the left. A solid orange line curves from the bottom-left towards the bottom-right, passing over the blue dashed lines.

Σας ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!