Ε.Μ.Π., Σχολή Η.Μ.& Μ.Υ. **ΟΡΑΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ** Ακαδ.Ετος 2021 - **2022**
Ημερ/νια: 19-04-2022 **1ο Σύνολο Αναλυτ. Ασκήσεων** Παραδοτέο: 09-05-2022

Οι αναλυτικές σειρές ασκήσεων είναι ατομικές, και οι λύσεις που θα δώσετε πρέπει να αντιπροσωπεύουν μόνο την προσωπική σας εργασία. Εξηγείστε επαρκώς την εργασία σας. Αν χρησιμοποιήσετε κάποια άλλη πηγή εκτός των σημειώσεων για την λύση σας, πρέπει να το αναφέρετε. Η παράδοση των λύσεων των αναλυτικών ασκήσεων της σειράς αυτής θα γίνει ηλεκτρονικά στην HELIOS ιστοσελίδα του μαθήματος `https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=964` και θα πρέπει να την υποβάλετε ως ένα ενιαίο αρχείο PDF με το εξής filename format χρησιμοποιώντας μόνο λατινικούς χαρακτήρες: `cv22_hwk1_AM_FirstnameLastname.pdf`, όπου AM ειναι ο 8-ψήφιος αριθμός μητρώου σας. Σκαναρισμένες χειρόγραφες λύσεις επιτρέπονται αρκεί να είναι καθαρογραμμένες και ευανάγνωστες. Επίσης στην 1η σελίδα των λύσεων θα αναγράφετε το ονοματεπώνυμο, AM, και email address σας. Συμπεριλάβετε και τον κώδικα προγραμμάτων, π.χ. Matlab or Python, που χρησιμοποιήσατε για αριθμητική επίλυση.)
Σημ.: οι ακόλουθες ασκήσεις δεν ειναι ισοβαρείς.

Ασκηση 1.1: (Σχηματισμός Εικόνων, Προοπτική Γεωμετρία)
Λύσετε τις ακόλουθες ασκήσεις από το Κεφ.2 (έκδοση 4/2022):
(a) 2.3(c). **(b)** 2.7.

Ασκηση 1.2: (Προβολική Γεωμετρία)
Λύσετε την άσκηση 2.11 από το Κεφ.2 (έκδοση 4/2022).

Ασκηση 1.3: (Αισθητήρες Εικόνων, Κάμερες)
Λύσετε τις ακόλουθες ασκήσεις:
(1.3.1) 2.15 από το Κεφ.2 (έκδοση 4/2022). Ακολουθεί επικαιροποίηση της εκφώνησης:
Σε ένα αισθητήρα βάθους με την τεχνολογία Time-of-Flight εκπέμπεται ένα ημιτονοειδές σήμα $s(t) = P[1 + \cos(\omega_m t)]$ και το λαμβανόμενο σήμα μετά από ανάκλαση στην επιφάνεια του 3Δ αντικειμένου είναι $r(t) = b + aP[1 + \cos(\omega_m t - \phi)]$, όπου a μια σταθερά εξασθένισης του πλάτους και b μια σταθερά bias.
(a) Να υπολογισθεί αναλυτικά η ετερο-συσχέτιση των δύο σημάτων $C_{sr}(\tau) = (1/T_m)\int_0^{T_m} r(t)s(t+\tau)dt$, όπου $T_m = 2\pi/\omega_m$.
(b) Να δειγματοληπτηθεί η συσχέτιση $C_{sr}(\tau)$ σε 4 χρονικές στιγμές $\tau_n = nT_m/4$, $n = 0, 1, 2, 3$, και από τις 4 τιμές $A_n = C_{sr}(\tau_n)$ της συσχέτισης να υπολογισθεί αναλυτικά το ϕ. Επίσης να βρεθεί η μέγιστη δυνατή απόσταση που μπορεί να μετρηθεί χωρίς ασάφεια λόγω πλειοτιμίας της φάσης.
(c) Αν η συχνότητα ω_m αντιστοιχεί σε 30 MHz και $\phi = \pi/3$ να γίνει εκτίμηση της απόστασης από το αντικείμενο.
(1.3.2) 3.5 από το Κεφ.3 (έκδοση 4/2022).

Ασκηση 1.4: (Χρώμα) Λύσετε τις ακόλουθες ασκήσεις από το Κεφ.5 (έκδοση 6/2013):
(1.4.1) 5.6. *Υπόδειξη*: Χρησιμοποιήστε την γεωμετρία του CIE-xy χρωματικού διαγράμματος.
(1.4.2) 5.13.

Ασκηση 1.5: (2Δ Γραμμικά Φίλτρα, Ανίχνευση Ακμών με LoG)
Λύσετε την άσκηση 10.8 από το Κεφ.10 (έκδοση 6/2018).

Ασκηση 1.6: (Ιδιότητες Μορφολογικών Φίλτρων για Σχήματα και Εικόνες)
(a) Για σύνολα-σχήματα X να αποδειχθούν τα εξής:
(a1) $X \circ B = X \circ (B_{+z})\ \forall X, B \subseteq \mathbb{R}^m,\ z \in \mathbb{R}^m$.
(a2) $(X \ominus A) \ominus B = X \ominus (A \oplus B)$.
(b) Για γκρίζες εικόνες f να αποδειχθούν τα εξής:
(b1) $\mathbf{0} \in B \Longrightarrow f \ominus B \leq f \circ B \leq f \leq f \bullet B \leq f \oplus B$.

(b2) Το φίλτρο $\psi(f) = (f \circ g) \bullet g$ είναι ταυτοδύναμο (idempotent), δηλ. $\psi(\psi(f)) = \psi(f)$.
(c) Δημιουργούμε ένα γκρίζο επίπεδο φίλτρο ϕ με την υπέρθεση κατωφλίου χρησιμοποιώντας ως δυαδική γεννήτρια έναν αυξάνοντα τελεστή συνόλων Φ:

$$\phi(f)(x) = \sup(v \in \mathbb{R} : x \in \Phi[X_v(f)]\}$$

όπου $X_v(f) = \{x \in \mathbb{R}^2 : f(x) \geq v\}$ είναι τα επιπεδοσύνολα της εικόνας f. Να αποδείξετε ότι, αν $\Phi(X) = X \circ B$, τότε $\phi(f) = f \circ B$.
(d) Εστω ϕ ένα 2Δ γκρίζο επίπεδο φίλτρο για ψηφιακές εικόνες $f(x, y)$ που σχηματίζεται με υπέρθεση κατωφλίου χρησιμοποιώντας ως δυαδική γεννήτρια τον τελεστή συνόλων (closing) $\Phi(X) = X \bullet B$, όπου $B = \{(0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1)\}$ ένα 4-pixel τετράγωνο. Να εκφρασθεί ο Φ ως μια Boolean συνάρτηση $\beta(v_1, ..., v_n)$ και να βρεθεί η αλγεβρική έκφραση (με max/min πράξεις) για το ισοδύναμο γκρίζο φίλτρο $\phi(f)(x, y)$.

Ασκηση 1.7: (Ανάλυση Ακμών με Ενεργειακά Φίλτρα)
Λύσετε την άσκηση 10.16 από Κεφ.10 (έκδοση 6/2018). Ακολουθεί επικαιροποίηση της εκφώνησης:
Θεωρήστε το ακόλουθο μοντέλο για *μεικτές ακμές*, δηλ. γραμμικούς συνδυασμούς $f(x) = c_1\delta(x) + c_2\delta^{(-1)}(x)$ όπου συμβολίζουμε $f^{(-1)}(x) = \int_{-\infty}^{x} f(t)dt$. Αρα, το $\delta(x)$ παριστάνει μια ακμή τύπου line/ridge και το $\delta^{(-1)}(x)$ παριστάνει μια βηματική ακμή. Φιλτράροντας την $f(x)$ με γραμμικά ή μη-γραμμικά φίλτρα, θεωρούμε ότι η ακμή της στην θέση $x = 0$ θα εντοπίζεται με την αναγκαία συνθήκη ύπαρξης μεγίστου στην απόκριση του φίλτρου για $x = 0$.
(a) Να αποδειχθεί ότι, για κάθε ΓΧΑ φιλτράρισμα της $f(x)$ με ένα οποιοδήποτε φίλτρο κρουστικής απόκρισης $h(x)$, υπάρχει τουλάχιστον ένας συνδυασμός c_1, c_2 στο ανωτέρω μοντέλο ώστε η ακμή της αντίστοιχης εικόνας $f(x)$ να *μην* ανιχνεύεται στην έξοδο αυτού του φίλτρου.
(b) Να αποδειχθεί ότι το μη-γραμμικό ενεργειακό φίλτρο $E(x)$ της Εξ.(10.114) μπορεί να ανιχνεύσει οποιαδήποτε μεικτή ακμή στο ανωτέρω μοντέλο.

READING:
Κεφ.02 (2022): Σχηματισμός Εικόνων, Αισθητήρες (απο 2.1.1 εως και 2.4.1)
Κεφ.03 (2022): Κάμερες, Οπτικά Συστήματα (3.2, 3.4.1, 3.6)
Κεφ.05: Χρώμα (5.1, 5.2, 5.3, 5.4.2)
Πολυδιάστατοι Γραμμικοί Τελεστές Εικόνων και 2Δ Fourier
Μορφολογικοί Τελεστές Σχημάτων και Εικόνων
Ανίχνευση Χαρακτηριστικών