

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΟΘΟΝΩΝ ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



Σύνταξη:

Γ. Κοκονά – Κλάδος Ιατρικής Φυσικής – Γενικός Νοσοκομείο Λευκωσίας

Επίβλεψη:

Ν. Παπαδόπουλος – Κλάδος Ιατρικής Φυσικής – Γενικός Νοσοκομείο Λευκωσίας

Π.Α Καπλάνης – Κλάδος Ιατρικής Φυσικής – Γενικό Νοσοκομείο Λευκωσίας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	3
Πίνακας ελέγχου παραμέτρων ποιότητας Οθονών- LCD Ψηφιακής Μαστογραφίας και Ψηφιακή Τομοσύνθεσης.....	4
Παράρτημα	9
1. Βαθμονόμηση/Εύρος Φωτεινότητας Μοτίβα ελέγχου TG18LN01- TG18LN18	9
2. Ομοιογένεια	12
3. Οπτική αντίθεση- Contrast Visibility.....	14
4. Διακριτική Ικανότητα	15
5. Ψευδοδομές.....	17
Πρωτόκολλα αναφοράς (Βιβλιογραφία).....	18

Εισαγωγή

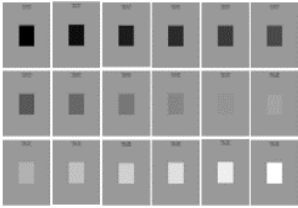
Στο πρωτόκολλο αυτό περιγράφεται το πρόγραμμα ελέγχων ποιότητας και διαδικασιών διασφάλισης καλής λειτουργίας διαγνωστικών οθονών μαστογραφικών συστημάτων.

Στο παρόν πρωτόκολλο περιγράφονται οι διαδικασίες ελέγχου ποιότητας που απαιτούνται για την πλήρη αξιολόγηση οθονών των μαστογραφικών συστημάτων. Πριν τη διεξαγωγή των ελέγχων ποιότητας επιβάλλεται να πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Οι οθόνες να είναι ανοιχτές για τουλάχιστον 30 λεπτά ώστε να θερμανθούν.
- Να πραγματοποιείται καθαρισμός των οθονών σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή ώστε να είναι απαλλαγμένες από οποιαδήποτε βρωμιά για να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα των ελέγχων λόγω της απορρόφησης του εκπεμπόμενου φωτός, που ανακλάται από το διαθλώμενο. Το προσωπικό καθαρισμού του νοσοκομείου να ενημερωθεί για τον ορθό καθαρισμό των οθονών και την αποφυγή αγγίγματος των κουμπιών ρύθμισης της αντίθεσης ή της φωτεινότητας.
- Επειδή οι έλεγχοι των οθονών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στο περιβαλλοντικό φως θα πρέπει να εκτελούνται υπό «Βέλτιστες κλινικές καταστάσεις», δηλαδή να υπάρχει χαμηλός φωτισμός δωματίου και να αποφεύγονται εξωτερικές πηγές έντονου φωτός που εκπέμπουν προς την οθόνη. Το επίπεδο φωτισμού περιβάλλοντος πρέπει να είναι χαμηλό (φωτεινότητα < 20 lux) για βέλτιστη αντίληψη ειδικά με αντικείμενα χαμηλής αντίθεσης.

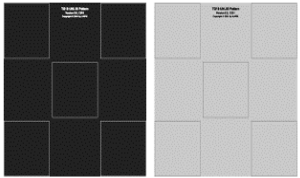
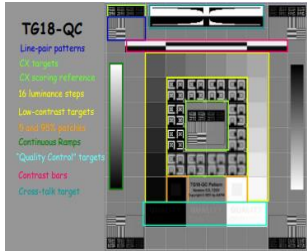
Κατά τη διεξαγωγή των ελέγχων ποιότητας όλα τα μοτίβα ελέγχου πρέπει να εμφανίζονται σε πλήρη ανάλυση 1: 1. Τέλος μετά το πέρας της διαδικασίας βαθμονόμησης της οθόνης τα κουμπιά αντίθεσης και φωτεινότητας πρέπει να απενεργοποιηθούν, για να αποφευχθεί τυχόν αυθαίρετη αλλαγή στην απόκριση της οθόνης. Εάν αυτό δεν είναι δυνατό, τότε θα πρέπει να ζητηθεί από το προσωπικό να μην αγγίζει τα κουμπιά αυτά.

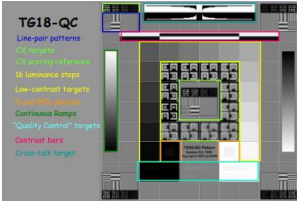
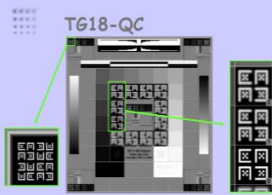
Πίνακας ελέγχου παραμέτρων ποιότητας Οθονών- LCD Ψηφιακής Μαστογραφίας και Ψηφιακή Τομοσύνθεσης

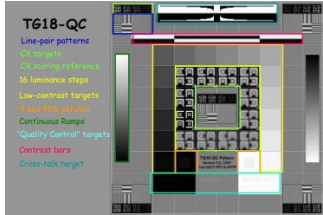
Παράμετρος Ελέγχου	Σκοπός	Όργανα μετρήσεων και ομοιώματα	Στοιχεία Ελέγχου	Περιγραφή Ελέγχου	Συχνότητα Ελέγχου	Αποδεκτά Όρια	Σχόλια
Έλεγχοι Οθονών							
Συνάρτηση Διαβάθμισης του γκρι (Grey scale Display function- GFSD,)/Εύρος φωτεινότητας (Luminance range)	Να επιβεβαιωθεί ότι η βαθμονόμησης της οθόνης εναρμονίζεται με το GSFD και να υπολογιστεί το πηλίκο αντίθεσης φωτεινότητας (Contrast Ratio).	Βαθμονομημένος μετρητής φωτεινότητας (luminance meter) Ακρίβεια: > 5 % Εύρος (range): 0.05-1000 cd/m ² Μοτίβα ελέγχου: 18 βημάτων Test patterns: TG18LN01-18  βλ. παράρτημα 1 (εικόνα 1)	Να φορτωθούν όλα τα μοτίβα στην οθόνη: TG18-LNi (με i = 1-18) Τα μοτίβα θα πρέπει καλύπτουν όλη την οθόνη και η φωτεινότητα να μετράται στο κέντρο.	-Απεικονίζεται το πρώτο μοτίβο TG18-LN01 ¹ . -Τοποθετείται ο μετρητής (luminance meter) στο κέντρο του τετραγώνου, και μετράται η φωτεινότητα -Επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία για όλα τα μοτίβα (TG18-LN01-18) και για τις δύο οθόνες. -Προσοχή στην πρώτη μέτρηση ώστε να σταθεροποιηθεί ο μετρητής. Ενδεικτικές τιμές και αναπαράσταση των μετρήσεων με γραφικές παραστάσεις βλ.1.	ΑΣ/Εξάμηνο	GSDF: ± 10 % CF= L _{max} /L _{min} : > 350 (πρωτογενής ή διαγνωστικές οθόνες) CF=L _{max} /L _{min} : >100 (δευτερογενής ή κλινικές οθόνες) L _{max} : > 500 cd/cm ² Η μέγιστη μεταβολή μεταξύ δυο οθονών να μην ξεπερνά το ± 5 %	Το πρώτο σημείο της καμπύλης συμβαίνει κάποτε (πολύ χαμηλή φωτεινότητα) να μην βρίσκεται εντός των ορίων (± 10 %). Αν είναι το μόνο μη βαθμονομημένο σημείο τότε δεν χρειάζεται κάποια παρέμβαση και η οθόνη είναι εντός ορίων. Αν όμως είναι σημεία εκτός τότε θα πρέπει να γίνει

¹ Αν είναι δυνατόν τα μοτίβα να φορτωθούν και να ελεγχθούν με το ίδιο λογισμικό. Εναλλακτικά οι κατασκευαστές κάποιων οθονών προσφέρουν λογισμικά πακέτα που επιτρέπουν test patterns του AAPM, αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για επιβεβαίωση της βαθμονόμησης

							βαθμονόμηση · Στην περίπτωση LCD οθονών να ληφθεί υπόψη ότι η φωτεινότητα εξαρτάται από τη γωνία θέασης. Μεγάλες γωνίες θέασης πιθανόν να οδηγήσουν σε υπέρβαση του ορίου εύρος φωτεινότητας ·
Ομοιογένεια Οθόνης (Uniformity)	Για να επιβεβαιωθεί ότι η φωτεινότητα της οθόνης είναι ομοιογενής.	Βαθμονομημένος μετρητής φωτεινότητας (luminance meter) Ακρίβεια: > 5 % Εύρος (range): 0.05-1000 cd/m ² Μοτίβα Ελέγχου: Test patterns TG 18 ULN10 & TG 18 ULN80	Να φορτωθούν τα μοτίβα TG18-UNL10 και TG18-UNL80.	-Απεικονίζεται το μοτίβο TG18-UNL10 στην οθόνη. -Μετράται η φωτεινότητα στο κέντρο και των 5 τετράγωνων σε κάθε οθόνη (βλ. εικόνα 3 <u>παράρτημα 2</u>). Επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία με το μοτίβο TG18-UNL80 (βλ. εικόνα 3, <u>παράρτημα 2</u>). -Υπολογίζεται η ομοιογένεια (σχετική	ΑΣ/ Εξάμηνο	Η μεταβολή φωτεινότητας σε σχέση με το κεντρικό τετράγωνο υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση: $\frac{L_{center} - L_{peripheral}}{L_{center}}$ Η μέγιστη απόκλιση από τη φωτεινότητα του κεντρικού τετραγώνου: να μην	

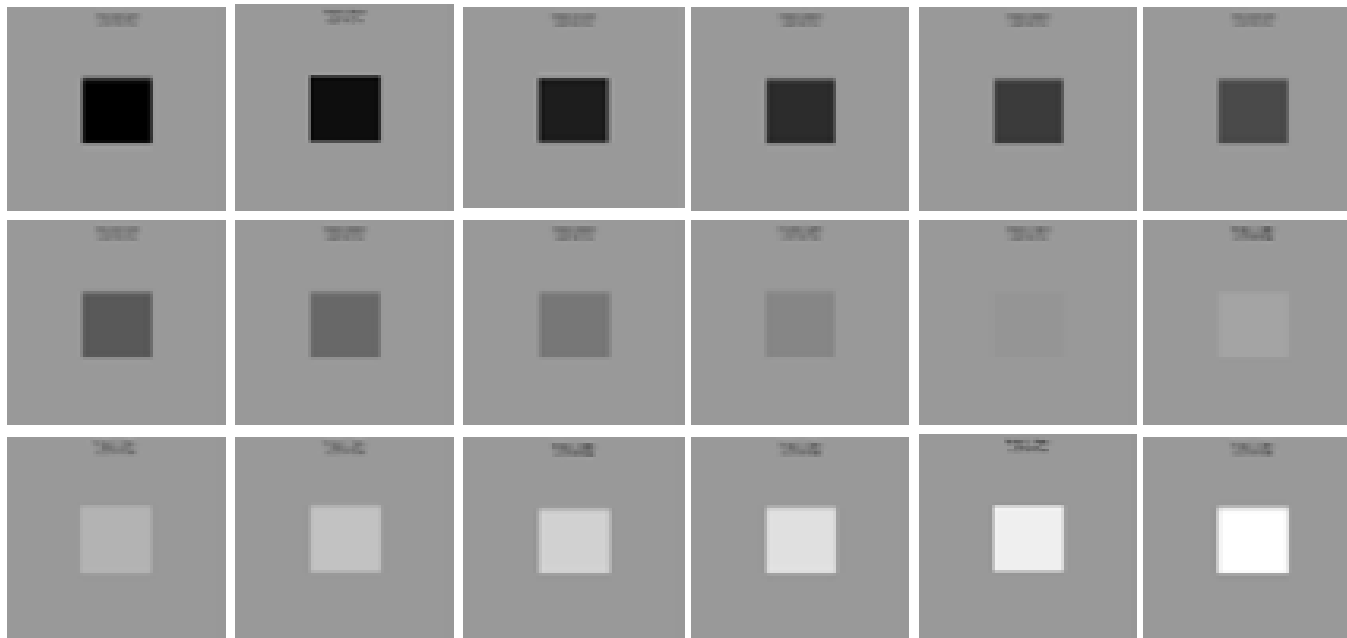
		 <p>Απεικονίζουν 5 τετράγωνα (ένα στο κέντρο της οθόνης και 4 στην περιφέρεια), διαφορετικού επιπέδου φωτεινότητας (dark luminance). βλ παράρτημα 2</p>		<p>μεταβολή φωτεινότητας μεταξύ του κεντρικού τετραγώνου και κάθε περιφερειακού τετραγώνου (βλ. εικόνα 4 παράρτημα 2).</p> <p>-Κατόπιν καταγράφεται η μέγιστη απόκλιση από τη φωτεινότητα του κεντρικού τετραγώνου η οποία λαμβάνεται ως δείκτης ομοιογένειας (uniformity index).</p>	<p>είναι μεγαλύτερη από 30 %</p> $Max\ dev = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{center}}$ <p>$\Delta L_{max}: \geq 30\ %$</p>	
<p>Οπτική αντίθεση (Contrast visibility)</p>	<p>Εκτίμηση της οπτικής αντίθεσης της εικόνας</p>	<p>Οπτικός έλεγχος του μοτίβου: TG18-QC</p>  <p>βλ. παράρτημα 3 (εικ.7)</p>	<p>Ο έλεγχος γίνεται στις συνθήκες διάγνωσης των εξετάσεων</p>	<p>-Ελέγχονται τα 16 τετράγωνα διαφορετικής αμαύρωσης, (εικόνα 7, παράρτημα 3)</p> <p>-Το κάθε ένα να περιέχει 4 γωνιακές δομές (εικόνα 5, παράρτημα 3)</p> <p>-Ελέγχονται τα 2 τετράγωνα που έχουν στο εσωτερικό τους μικρές τετράγωνες δομές με τιμή εικονοστοιχείου (pixel value) 5 % και 95 % (εικόνα 7, παράρτημα 3)</p> <p>-Ελέγχεται στο κάτω άκρο του test pattern τη λέξη “QUALITY CONTROL” και στις</p>	<p>ΑΜΕ/καθημερινά από χρήστες</p> <p>-Οι 4 γωνιακές δομές σε κάθε τετράγωνο του μοτίβου (test pattern) πρέπει να είναι ευδιάκριτες.</p> <p>-Καθαρά πρέπει να διακρίνονται και οι τετράγωνες δομές με τιμή εικονοστοιχείου (pixel value) 5 % και 95 %.</p> <p>-Σημειώστε τα γράμματα της λέξης “QUALITY CONTROL” που είναι ευδιάκριτα</p>	

				<p>τρεις θέσεις (εικόνα 6, παράρτημα 3)</p>			
<p>Διακριτική Ικανότητα (Resolution)</p>	<p>Έλεγχος διακριτικής ικανότητας στην οθόνη</p>	<p>-Ψηφιακό ομοίωμα TG18QC</p>  <p>το οποίο περιλαμβάνει: το Cx pattern: με 4 μοτίβα στις γωνίες και ένα στο κέντρο (βλ. εικόνα 11) και τα line patterns -με 4 μοτίβα οριζόντιων και κατακόρυφων γραμμών (4 μοτίβα στις γωνίες και ένα στο κέντρο (βλ. εικόνα 9)</p> <p><u>Βλ. παράρτημα 4</u></p>	<p>-Φορτώνεται το Ψηφιακό ομοίωμα TG18QC</p> <p><u>Βλ. παράρτημα 4</u></p>	<p>- Παρατηρούνται προσεκτικά στο ομοίωμα TG18-QC: τα 5 μοτίβα Cx, στις 4 γωνίες και στο κέντρο της οθόνης και τα 5 line patterns, στις 4 γωνίες και στο κέντρο της οθόνης</p>	<p>ΑΣ/ Εξάμηνο</p>	<p>Μοτίβα TG18LPH(V) Όλα τα line patterns πρέπει να είναι ορατά (εικόνα 8, Βλ. παράρτημα 4).</p> <p>Μοτίβο TG18 QC Να απεικονίζονται οι 5 πέντε ομάδες Cx με ευκρίνεια. Βαθμολογία: Κάθε ομάδα Cx pattern πρέπει να συγκρίνεται με τους 12 αριθμημένους στόχους αναφοράς Cx: -2,-1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, (εικόνες 10,11 Βλ. παράρτημα 4). Ανάλογα με τον αριθμό του στόχου αναφοράς με τον οποίο ταυτίζεται η ομάδα δίνεται η αντίστοιχη βαθμολογία (εικόνες 10,11).</p>  <p>Για πρωτογενής οθόνες το όριο είναι : $0 \leq Cx \leq 4$</p>	

						<p>Για δευτερογενής οθόνες το όριο είναι: $0 \leq Cx \leq 6$ Τα 5 μοτίβα των οριζόντιων και κάθετων γραμμών πρέπει να είναι ευδιάκριτα (εικόνα 10)</p>	
Ψευδοδομές στην εικόνα (Display artifacts)	Έλεγχος για ύπαρξη ψευδοδομών.	<p>Οπτικός έλεγχος με ψηφιακό ομοίωμα TG18-QC</p> 	<p>- Φορτώνεται το ψηφιακό ομοίωμα TG18-QC βλ. παράρτημα 5</p>	<p>-Ελέγχονται με προσοχή οι δυο ράβδοι με διαβάθμιση από το μαύρο στο άσπρο και αντίθετα (εικόνες 12-13): -για ελαττωματικά εικονοστοιχεία (steps λόγω ανεπαρκές βάθους εικονοστοιχείου-bit depth) και για ψευδοδομές κοντά στις άσπρες-μαύρες περιοχές (ειδικά στη μετάβαση των χρωμάτων λόγω κάρτας γραφικών).</p>	AME/καθημερινά από χρήστες	<p>Δεν πρέπει να παρατηρείται καμία παραμόρφωση ή ψευδοδομή στην εικόνα.</p>	

Παράρτημα

1. Βαθμονόμηση/Εύρος Φωτεινότητας Μοτίβα ελέγχου TG18LN01- TG18LN18



Εικόνα 1 Μοτίβα ελέγχου TG18LN (test patterns)

Παραδείγματα με δεδομένα

Πίνακας 1 Παράδειγμα τιμών φωτεινότητας για τα μοτίβα TG18-LN12-01 - TG18-LN12-18

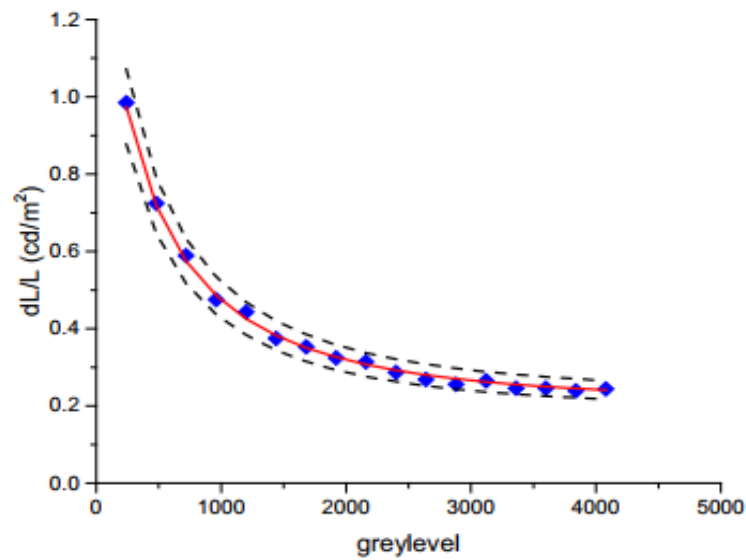
Test Pattern	Grey Level (12 bit)	Left monitor luminance (cd/m ²)	Right monitor luminance (cd/m ²)
TG18-LN12-01	0	0.57	0.55
TG18-LN12-02	240	1.61	1.31
TG18-LN12-03	480	3.28	2.65
TG18-LN12-04	720	5.53	4.45
TG18-LN12-05	960	8.67	7.01
TG18-LN12-06	1200	12.75	10.58
TG18-LN12-07	1440	18.16	15.30
TG18-LN12-08	1680	24.78	21.53
TG18-LN12-09	1920	33.42	29.64
TG18-LN12-10	2160	44.24	39.83
TG18-LN12-11	2400	57.81	52.75
TG18-LN12-12	2640	74.70	69.59
TG18-LN12-13	2880	95.83	90.25
TG18-LN12-14	3120	122.0	116.6
TG18-LN12-15	3360	154.5	148.6
TG18-LN12-16	3600	193.3	188.3
TG18-LN12-17	3840	241.1	239.0
TG18-LN12-18	4080	299.0	298.2

Πίνακας 2 Παράδειγμα δεδομένων για τον έλεγχο βαθμονόμησης/φωτεινότητας οθόνης

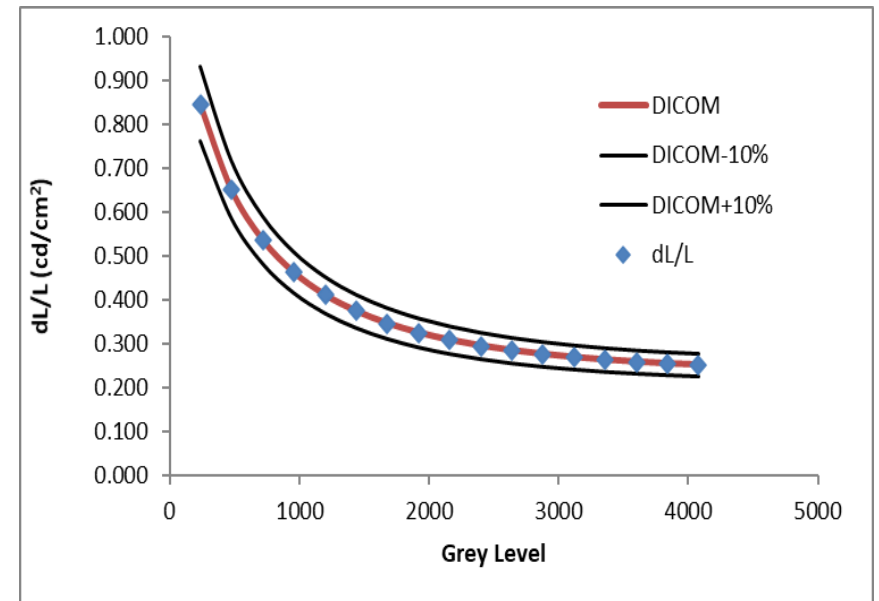
Grey Level	L _{means} (cd/m ²)	JND _{means}	JND _{calc}	(dL/L) _{means}	L _{DICOM} (cd/m ²)	GSDf	GSDf-10%	GSDf+10%
0	0.33	34.62	34.62		0.33			
240	0.97	70.25	69.74	0.985	0.96	0.975	0.877	1.072
480	2.07	105.88	104.86	0.724	2.03	0.718	0.646	0.789
720	3.80	142.30	139.98	0.589	3.67	0.575	0.517	0.632
960	6.17	177.00	175.10	0.475	6.02	0.486	0.437	0.534
1200	9.68	214.02	210.22	0.443	9.27	0.425	0.383	0.468
1440	14.15	248.84	245.34	0.375	13.64	0.382	0.344	0.420
1680	20.21	284.53	280.46	0.353	19.44	0.350	0.315	0.385
1920	28.02	319.69	315.58	0.324	27.00	0.326	0.293	0.358
2460	38.46	355.90	350.70	0.314	36.78	0.307	0.276	0.337
2400	51.35	390.67	385.82	0.287	49.35	0.292	0.263	0.321
2640	67.24	424.46	420.94	0.268	65.40	0.280	0.252	0.308
2880	86.94	457.79	456.06	0.256	85.79	0.270	0.243	0.297
3120	113.50	493.41	491.18	0.265	111.64	0.262	0.236	0.288
3360	145.40	527.37	526.31	0.246	144.29	0.255	0.230	0.281
3600	186.10	561.94	561.43	0.246	185.45	0.250	0.225	0.275
3840	236.50	596.12	596.55	0.239	237.25	0.245	0.221	0.270
4080	302.30	631.67	631.67	0.244	302.35	0.241	0.217	0.265

Παραδείγματα με Γραφικές παραστάσεις

Οι τιμές μπορούν να καταγραφούν σε έτοιμα excel file από την από Euref ή Efomp: [Euref monitor](#) & [Mammo protocol](#)

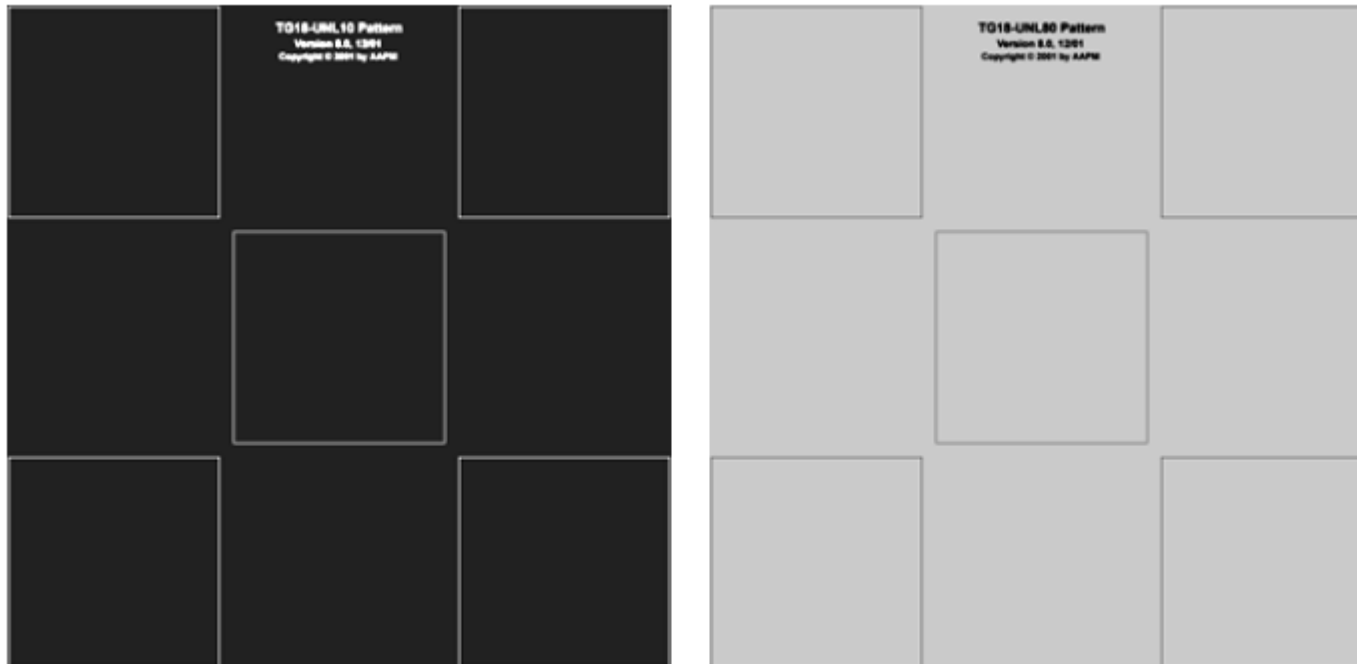


Γραφική Παράσταση 1: Καμπύλη απόκρισης οθόνης ως συνάρτηση των μεταβολών φωτεινότητας dL/L (displayed contrast) σε σχέση με τα επίπεδα του γκρι (gray levels). $DL/L(cd/m^2)$ vs grey level



Γραφική Παράσταση 2 Καμπύλη απόκρισης οθόνης ως συνάρτηση των μεταβολών φωτεινότητας dL/L (displayed contrast) σε σχέση με τα επίπεδα του γκρι (gray levels). $DL/L(cd/m^2)$ vs grey level

2. Ομοιογένεια
Μοτίβα ελέγχου TG18UNL10 & TG18UNL80



Εικόνα 2 TG18UNL10&80

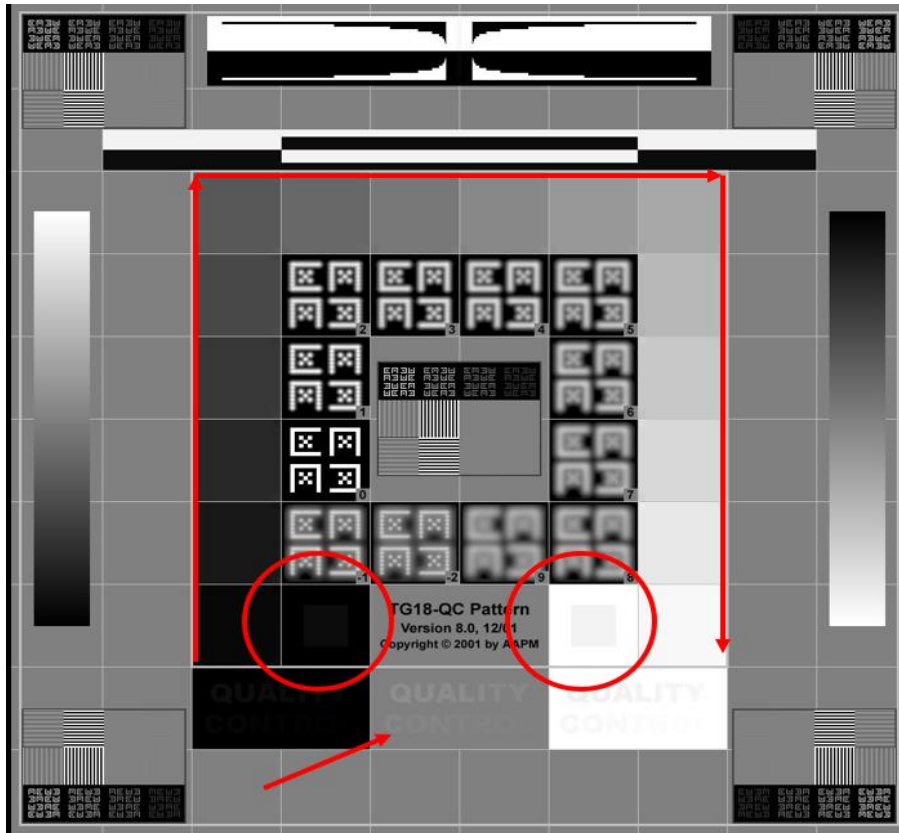
Left Monitor			Right Monitor		
TG18-UNL10					
1.67		1.64	1.64		1.67
	1.74			1.85	
1.61		1.61	1.62		1.64
TG18-UNL80					
124.4		121.1	115.1		115.5
	132.2			134.2	
118.0		114.0	111.2		116.1

Εικόνα 3 Μετρήσεις ομοιογένειας σε cd/cm^2 των δύο μοτίβων στα 5 τετράγωνα

Left Monitor			Right Monitor		
TG18-UNL10					
4.02%		5.75%	11.35%		9.73%
7.47%		7.47%	12.43%		11.35%
TG18-UNL80					
5.90%		8.40%	14.23%		13.93%
10.74%		13.77%	17.14%		13.49%
Left	$\Delta_{max} =$	13.77%	Right	$\Delta_{max} =$	17.14%

Εικόνα 4 Υπολογισμός της μεταβολής φωτεινότητας σε σχέση με το κεντρικό τετράγωνο

3. Οπτική αντίθεση- Contrast Visibility



Εικόνα 6 Οπτική Αντίθεση, η κόκκινη γραμμή περιβάλλει τα 16 τετράγωνα με τις δομές στη άκρη και με κύκλο τα τετράγωνα των 5% και 95% αντίστοιχα.

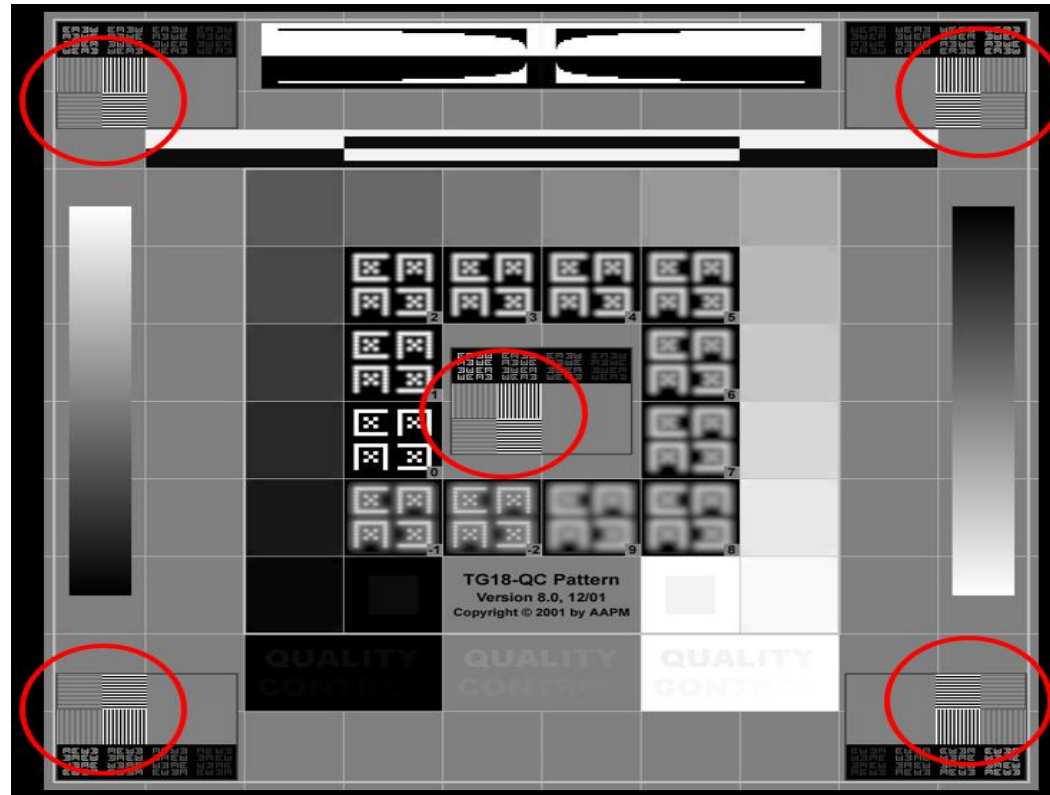


Εικόνα 7 Κάθε τετράγωνο διαβαθμισμένης αντίθεσης από τα 16 έχει 4 δομές στις άκρες του

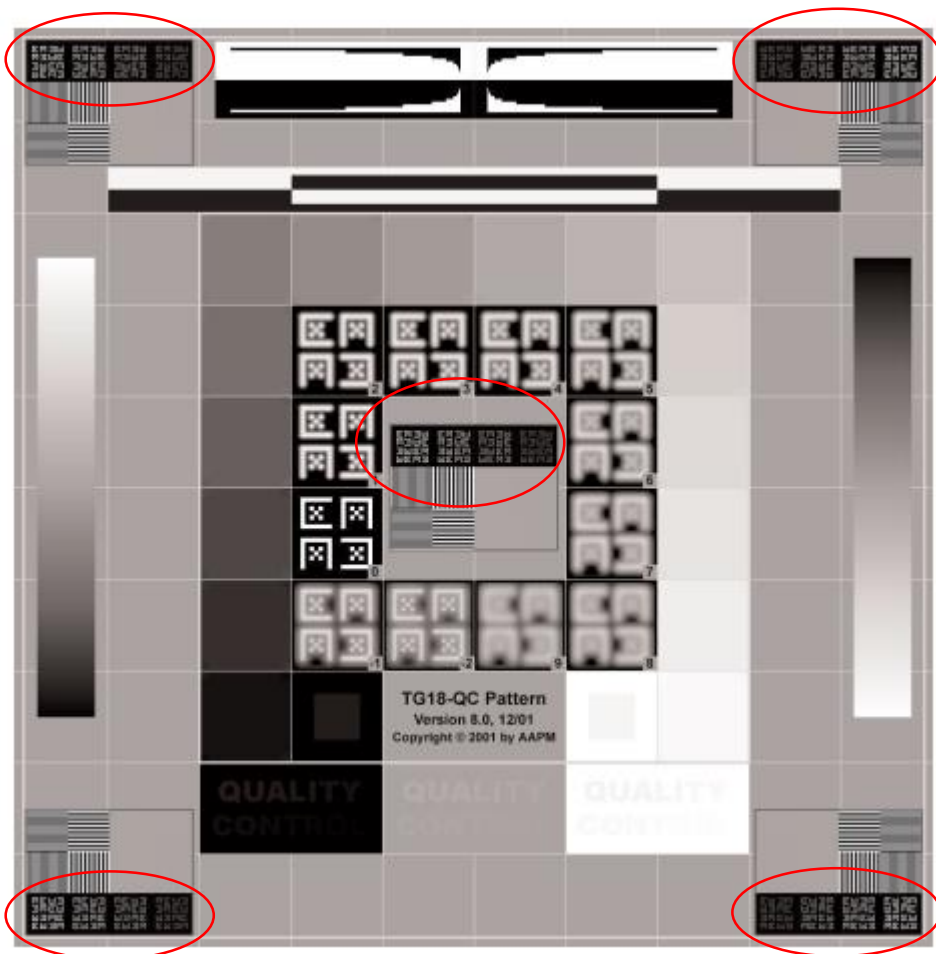


Εικόνα 5 Η λέξη Quality control σε τρεις διαφορετικές θέσεις

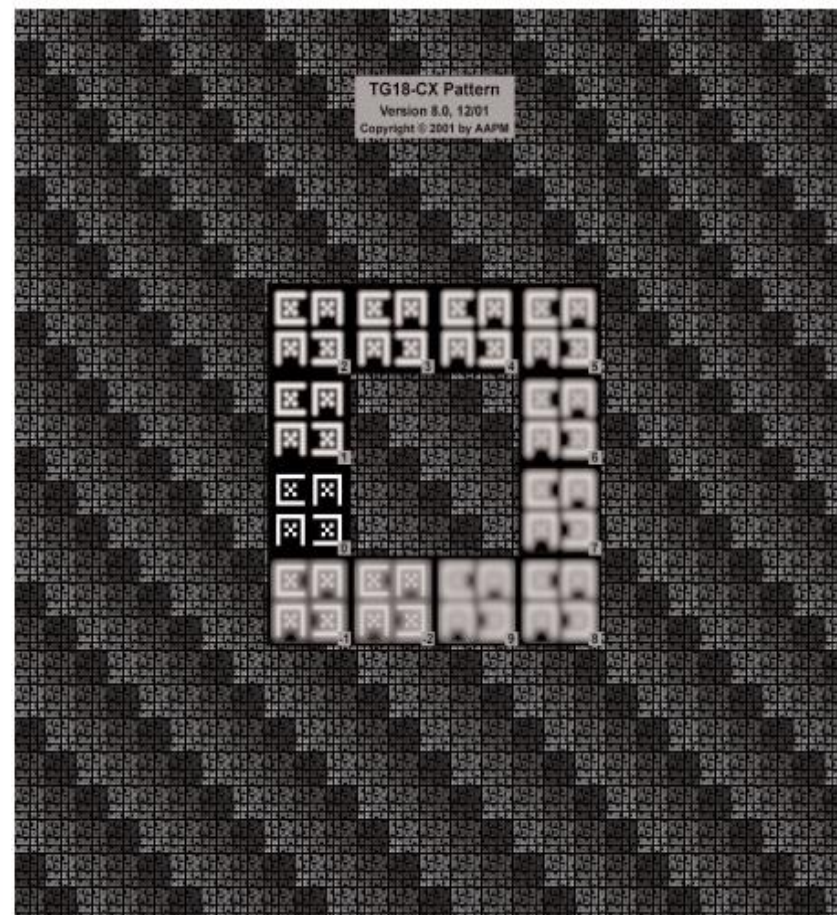
4. Διακριτική Ικανότητα



Εικόνα 8 Τα κυκλωμένα με κόκκινο είναι τα πέντε μοτίβα των οριζόντιων και κάθετων γραμμών, τα οποία θα πρέπει να είναι ευδιάκριτα



Εικόνα 9 Τα μοτίβα-εντός κύκλων συγκρίνονται με τα αριθμημένα μοτίβα βλ. εικόνα 10

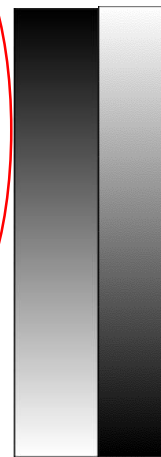


Εικόνα 10 Σε μεγέθυνση τα αριθμημένα μοτίβα αναφοράς

5. Ψευδοδομές



Εικόνα 11 TG 19 Με κύκλο οι ράβδοι με τη διαβάθμιση του άσπρου-γκρι και αντίθετα



Εικόνα 12 Σε μεγέθυνση τα μοτίβα

Πρωτόκολλα αναφοράς (Βιβλιογραφία)

- EUREF, European Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Mammography Screening, European Commission. (2006). Retrieved from: www.euref.org/european-guidelines/physico-technical-protocol.
- EUREF, European Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Digital Breast Tomosynthesis Systems, version 1.03.(2018) Retrieved from www.euref.org/europeanguidelines/physico-technical-protocol.
- Quality Assurance Programme for Screen Film Mammography. (2009). IAEA Human Health Series No. 2.
- Quality Assurance Programme for Digital Mammography (2011). IAEA Human Health Series No. 17.
- EFOMP. (2015). Quality Controls in Digital Mammography protocol of the EFOMP Mammo Working group.
- EEAE. (2019). Κατευθυντήριες οδηγίες για την πραγματοποίηση Ελέγχων σε μαστογραφικά συστήματα. (2019). Ανακτήθηκε από: <https://eeae.gr/files/KO/KA-EEAE-KO-112019-03.pdf>
- European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. (2006) ISBN: 92- 79-01258-4, Catalogue number: ND-73-06--954-EN-C, 4th edition.
- European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. (2013). ISBN 978- 92-79-32970-8, 4th Edition Supplements.
- Burch, A., Loader, P., Rowberry B., Strudley, C., Whitwam D. (2015). Routine quality control tests for breast tomosynthesis (physicists) NHS Breast Screening Programme Equipment Report 1407
- ACR (2018), Quality control manual for 2D and digital breast tomosynthesis, 2nd edition,
- Robson, J. K., (2001) A parametric method for determining mammographic X-ray tube output and half value layer. BJR 74:335-340.
- Dance, R. D., Skinner, Young C. K., Beckett, R. J. Kotre, J. C., (2000). Additional factors for the estimation of mean glandular dose using the UK mammography dosimetry protocol. Phys Med Biol 45:3225-3240.
- Dance, R. D., Young, C. K., Engen van E. R. (2009). Further factors for the estimation of mean glandular dose using the United Kingdom, European and IAEA and breast dosimetry protocols. Phys Med Biol 54:4361-4372.
- International Atomic Energy Agency (2007). Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice, Technical Reports Series No. 457, IAEA, Vienna.

Ιστορικό Αναθεωρήσεων Πρωτοκόλλων

Έκδοση	Ημερομηνία	Σημεία αναθεώρησης	Έγκριση από:	Υπογραφή
1η	06/2021	Αρχική έκδοση		