



ΜΑΤΕΝΝΜΕΔ

Δράση 4.1 –

Συγκερασμός Αριθμητικών Μεθόδων & Λογισμικού



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Εισαγωγή

- Περιβάλλοντα Επίλυσης Προβλημάτων (ΠΕΠ)
 - Προσαρμοσμένα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προβλημάτων
 - Διευκολύνουν τη χρήση υπάρχοντος λογισμικού
 - Διευκολύνουν τη χρήση τους ως τμήμα νέου λογισμικού
- Εκμετάλλευση σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων
- Προβλήματα ενδιαφέροντος:
 - Μεγάλης κλίμακας
 - 2D / 3D
 - Πολλαπλά υποχωρία
 - Διαφορετική φυσική / ανάγκες διαφορετικής διακριτοποίησης στα υποχωρία



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Στόχοι

- Υλοποίηση / επιλογή βασικού Περιβάλλοντος Επίλυσης Προβλημάτων
- Επέκταση ΠΕΠ για την υποστήριξη της κλάσης προβλημάτων ενδιαφέροντος (MDMP)
 - Υποστήριξη πολλαπλών χωρίων
 - Υποστήριξη διαφορετικής φυσικής σε κάθε χωρίο
 - Μέθοδοι χαλάρωσης στη διεπαφή
 - Υποστήριξη διαφορετικής διακριτοποίησης στα υποχωρία
- Αξιοποίηση σύγχρονων αρχιτεκτονικών
 - CPUs
 - Accelerators (GPUs / FPGAs)
 - Γρήγορα μέσα αποθήκευσης
 - Cloud



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

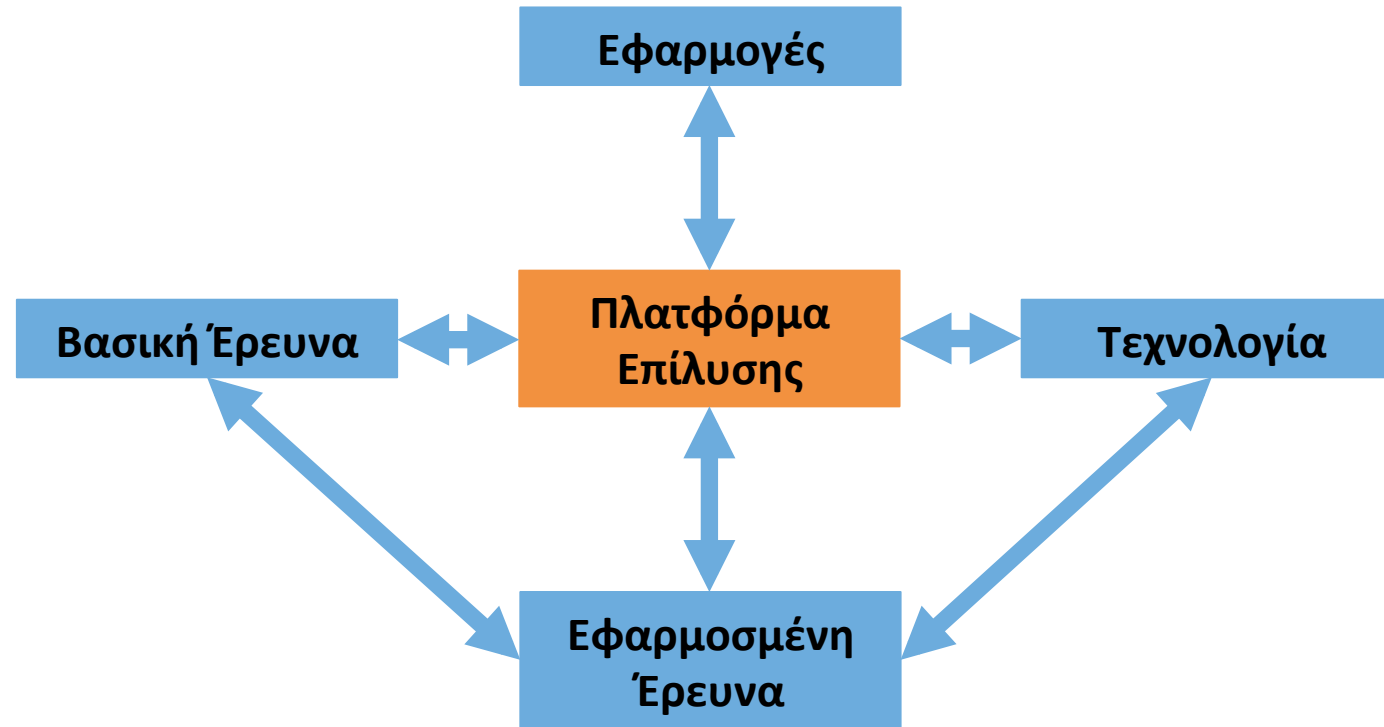
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Εισαγωγή



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Επιλογή / Υλοποίηση ΠΕΠ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Επιλογή / Υλοποίηση ΠΕΠ

- Επιλογή υπάρχοντος ή υλοποίηση νέου;
- Απαιτήσεις:
 - Υποστήριξη επίλυσης διαφορικών εξισώσεων
 - Δυνατότητα χρήσης τεχνολογιών αιχμής (επίπεδο γραμμικής άλγεβρας)
 - Απλή διεπαφή χρήση – δυνατότητα γρήγορης ανάπτυξης
 - Διαθεσιμότητα κώδικα
 - Δυνατότητα χρήσης ως τμήμα μεγαλύτερων εφαρμογών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



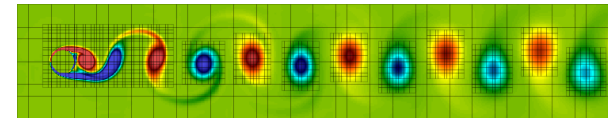
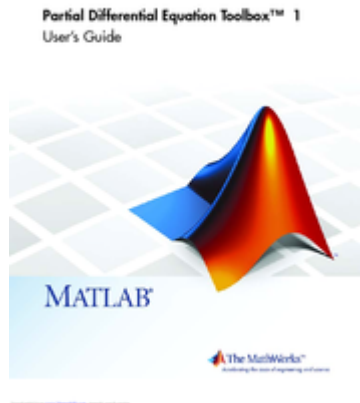
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Επιλογή ΠΕΠ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

FEniCS

- Τι είναι;
 - «Αυτοματοποιημένο» περιβάλλον προγραμματισμού για διαφορικές εξισώσεις
 - Διεπαφές C++/Python
 - Άδεια GNU LGPL
 - <http://fenicsproject.org>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Ιδιότητες FEniCS

- Αυτόματη επίλυση παραμετρικών προβλημάτων
 - Όπως και γενικών, μη γραμμικών προβλημάτων
- Αυτόματη προσαρμοστικότητα και έλεγχος σφάλματος
- Βιβλιοθήκη πεπερασμένων στοιχείων
- Υποσυστήματα γραμμικής άλγεβρας υψηλής επίδοσης
 - PETSc (παράλληλο)
 - Trilinos/Epetra (παράλληλο)
 - uBLAS
 - MTL4
- Δημιουργία πλεγμάτων, προσαρμοστική εκλέπτυνση & τεμαχισμός
- Επεξεργασία / Οπτικοποίηση αποτελεσμάτων
- Ισχυρή συνοχή με γλώσσες C++ / Python



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

FEniCS Hello World

- Εξίσωση Poisson

$$-\nabla^2 u = f \quad \text{in } \Omega$$

$$u = 0 \quad \text{on } \partial\Omega$$

- Έκφραση σε μορφή πεπερασμένων στοιχείων

Βρες $u \in V$ ώστε

$$\int_{\Omega} \nabla u \cdot \nabla v \, dx = \int_{\Omega} f v \, dx \quad \forall v \in V$$

$a(u, v)$

$L(v)$



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

FEniCS Hello World: Υλοποίηση

$$\int_{\Omega} \nabla u \cdot \nabla v \, dx = \int_{\Omega} f v \, dx \quad \forall v \in V$$

$$\underbrace{\int_{\Omega} \nabla u \cdot \nabla v \, dx}_{a(u, v)} = \underbrace{\int_{\Omega} f v \, dx}_{L(v)} \quad \forall v \in V$$

```
from dolfin import *
```

Define a discrete function space V over the mesh. Use Lagrange elements, with basis functions of degree 1 for elements

```
mesh = UnitSquare(32, 32)
```

```
V = FunctionSpace(mesh, "Lagrange", 1)
```

Define the trial function u (the unknown) and the test function v over space V

```
u = TrialFunction(V)
```

```
v = TestFunction(V)
```

```
f = Expression("x[0]*x[1]")
```

Define a(u,v)

```
a = dot(grad(u), grad(v))
```

Define boundary. DomainBoundary() describes whether a given point lies on the boundary or not

```
L = f*v*dx
```

```
bc = DirichletBC(V, 0, mesh.boundary(1))
```

u redefined as a function on V. Solve the problem a == L looking for the values of u, with the given boundary conditions bc

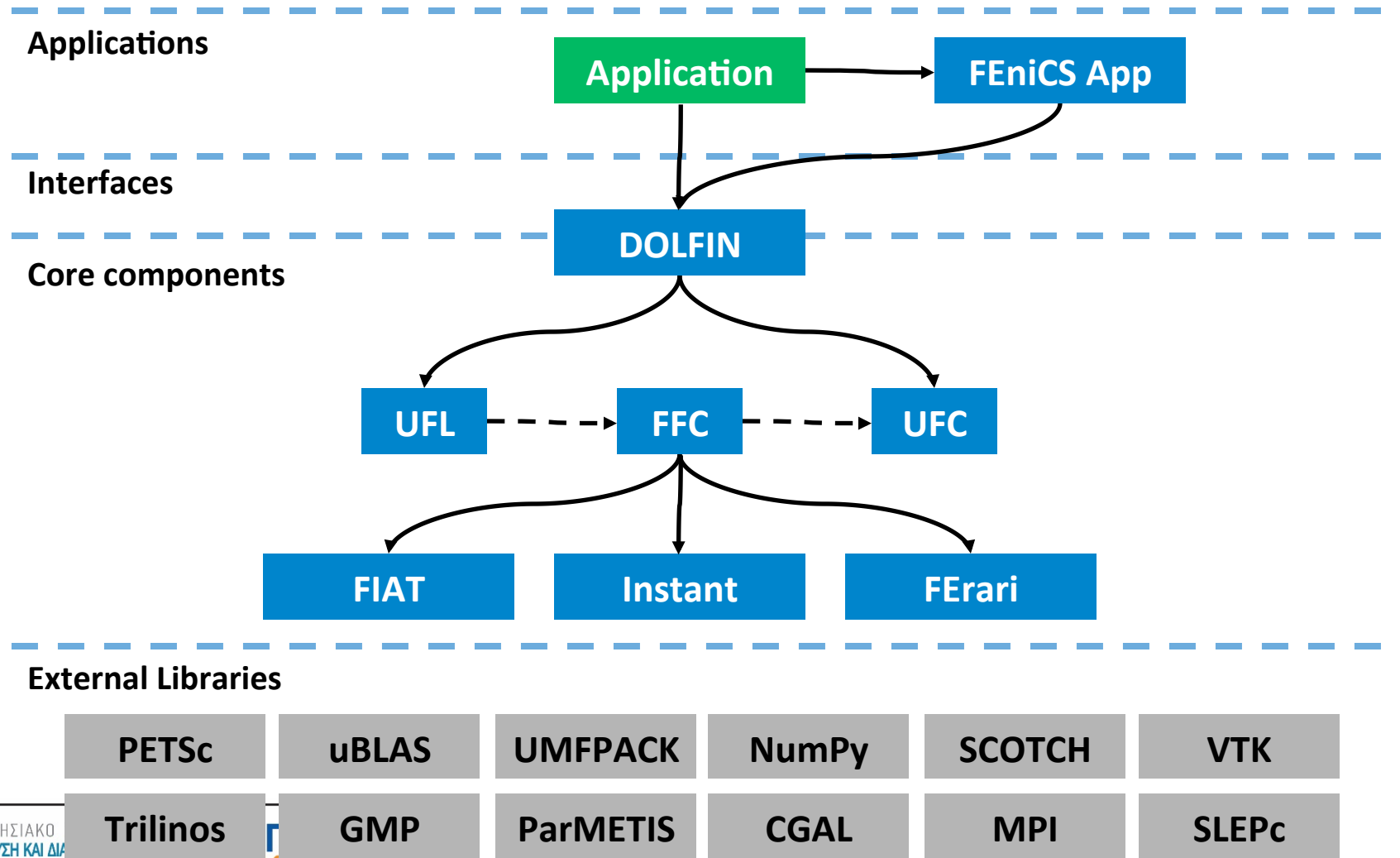
```
u = Function(V)
```

```
solve(a == L, u, bc)
```

```
plot(u)
```



FEniCS: Κάτω Από την Επιφάνεια



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

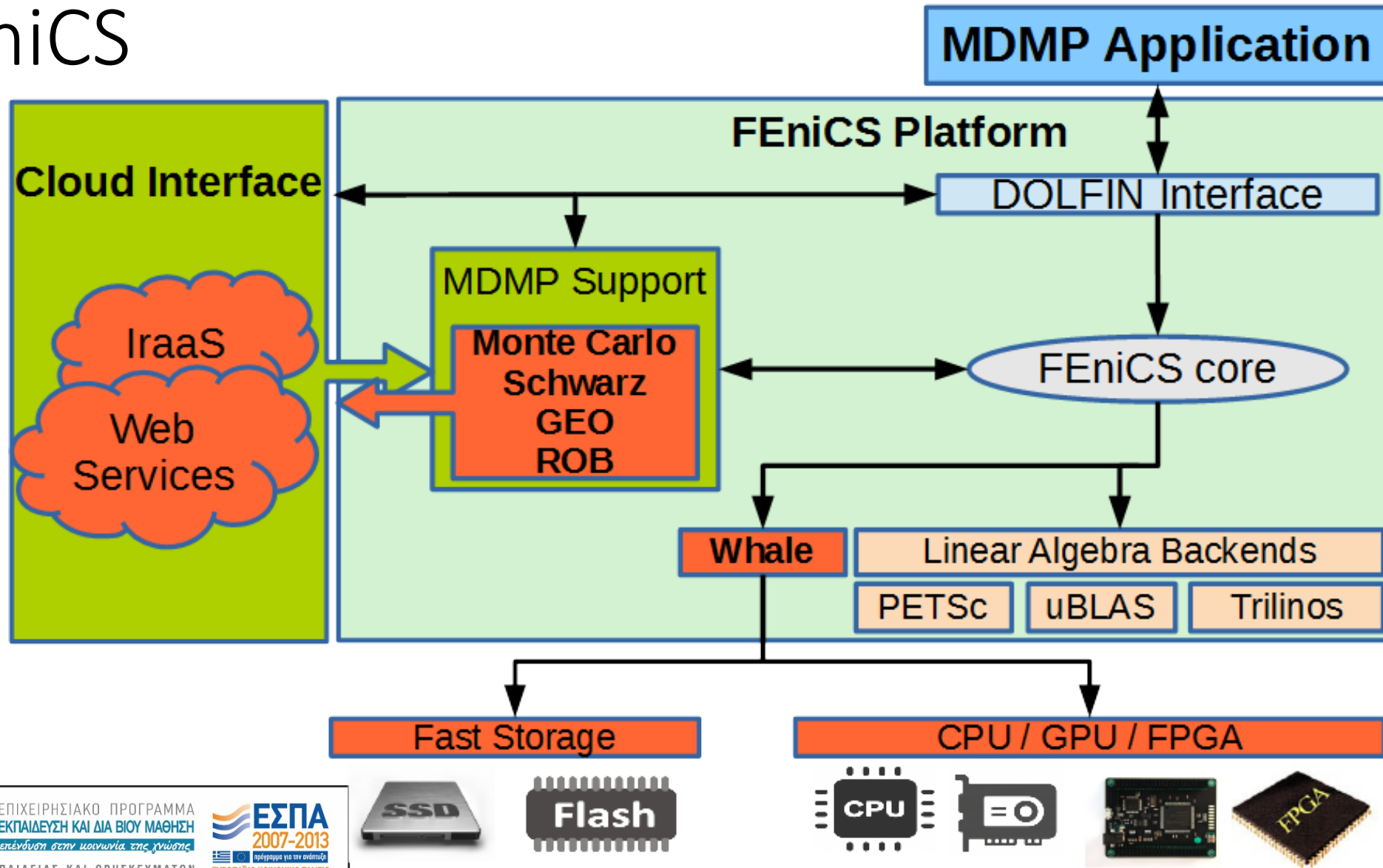
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Αρχιτεκτονική MATENVMED/ FEniCS



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Επεκτάσεις FEniCS για Προβλήματα MDMP



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Επεκτάσεις ΠΕΠ για προβλήματα MDMP

- Υποστήριξη πολλαπλών υποχωρίων ✓
- Διαφορετική διακριτοποίηση / φυσική σε κάθε υποχωρίο ✓
- Μέθοδοι χαλάρωσης στις διεπαφές ✗
 - Επαναληπτικές
 - Schwarz ✓
 - GEO ✓
 - ROB ✓
 - Υβριδική Στοχαστική / Ντετερμινιστική ✓
- Φυσική διεπαφή για υπάρχοντες χρήστες FEniCS



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



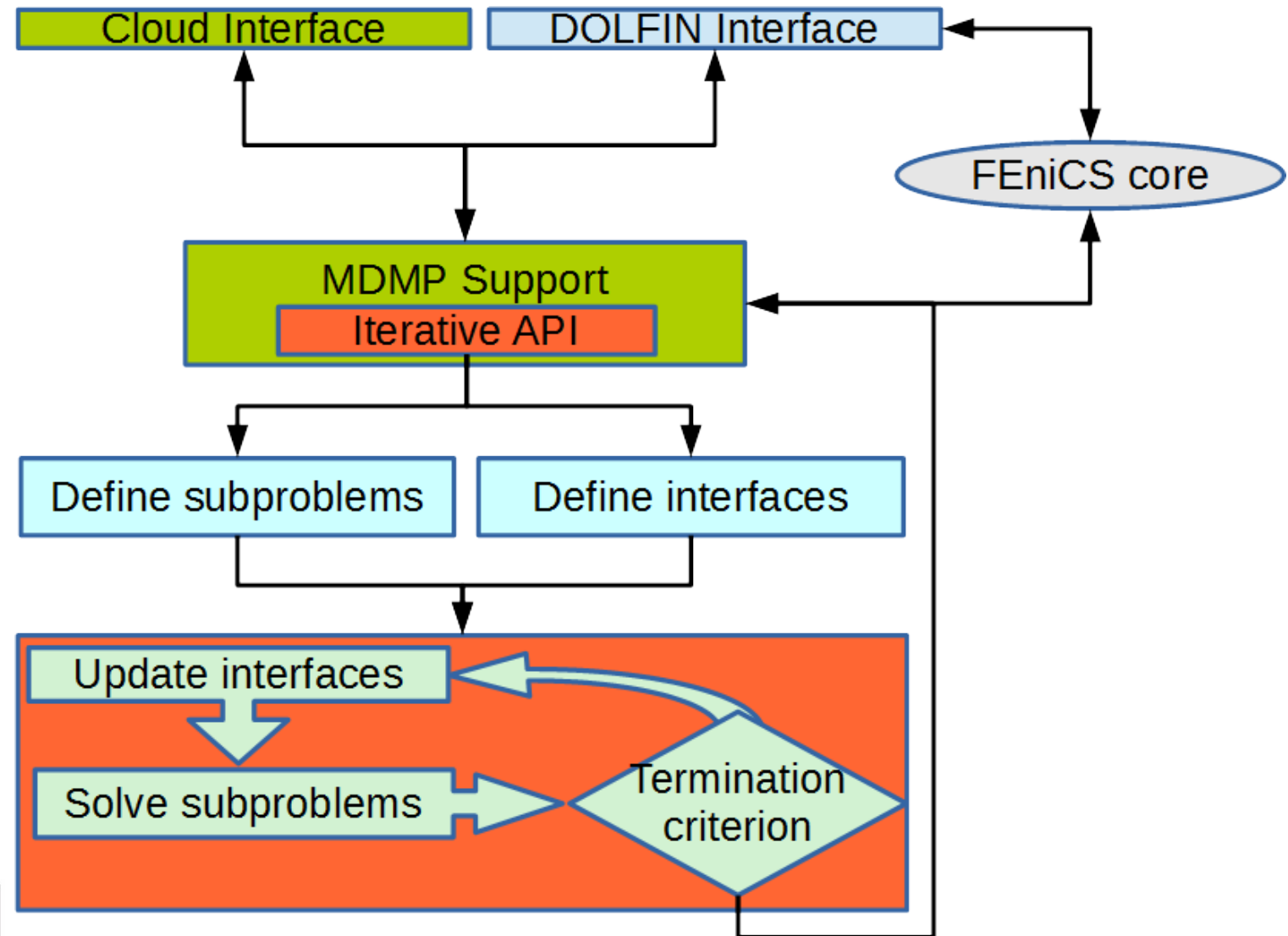
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Επαναληπτικές Μέθοδοι Χαλάρωσης στις Διεπαφές



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

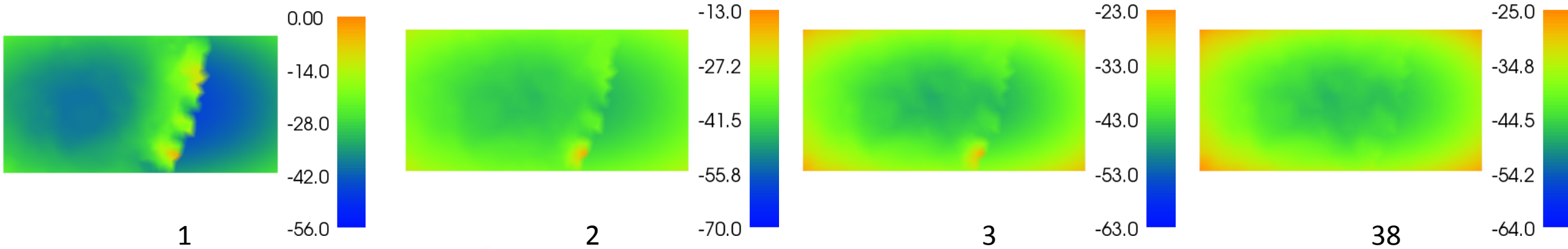
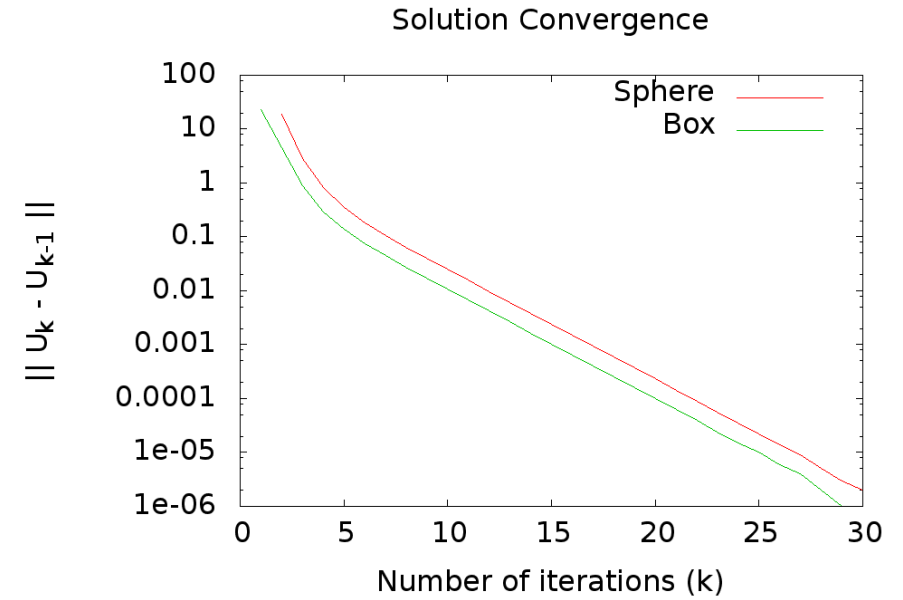
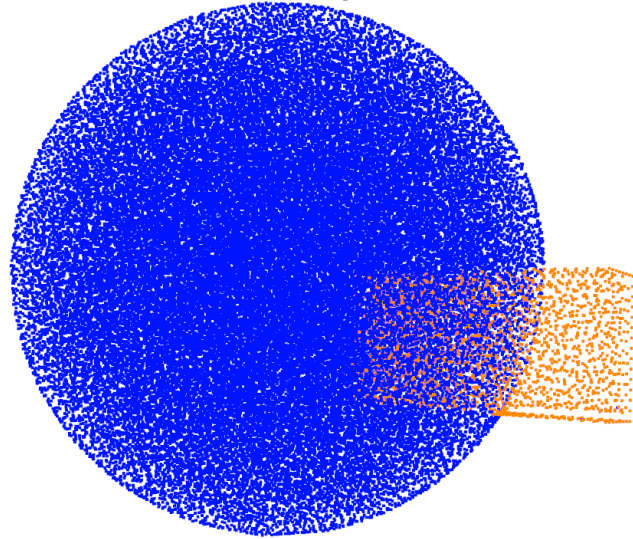
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Επαναληπτικές Μέθοδοι Χαλάρωσης στις Διεπαφές: Αποτελέσματα



1

2

3

38



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



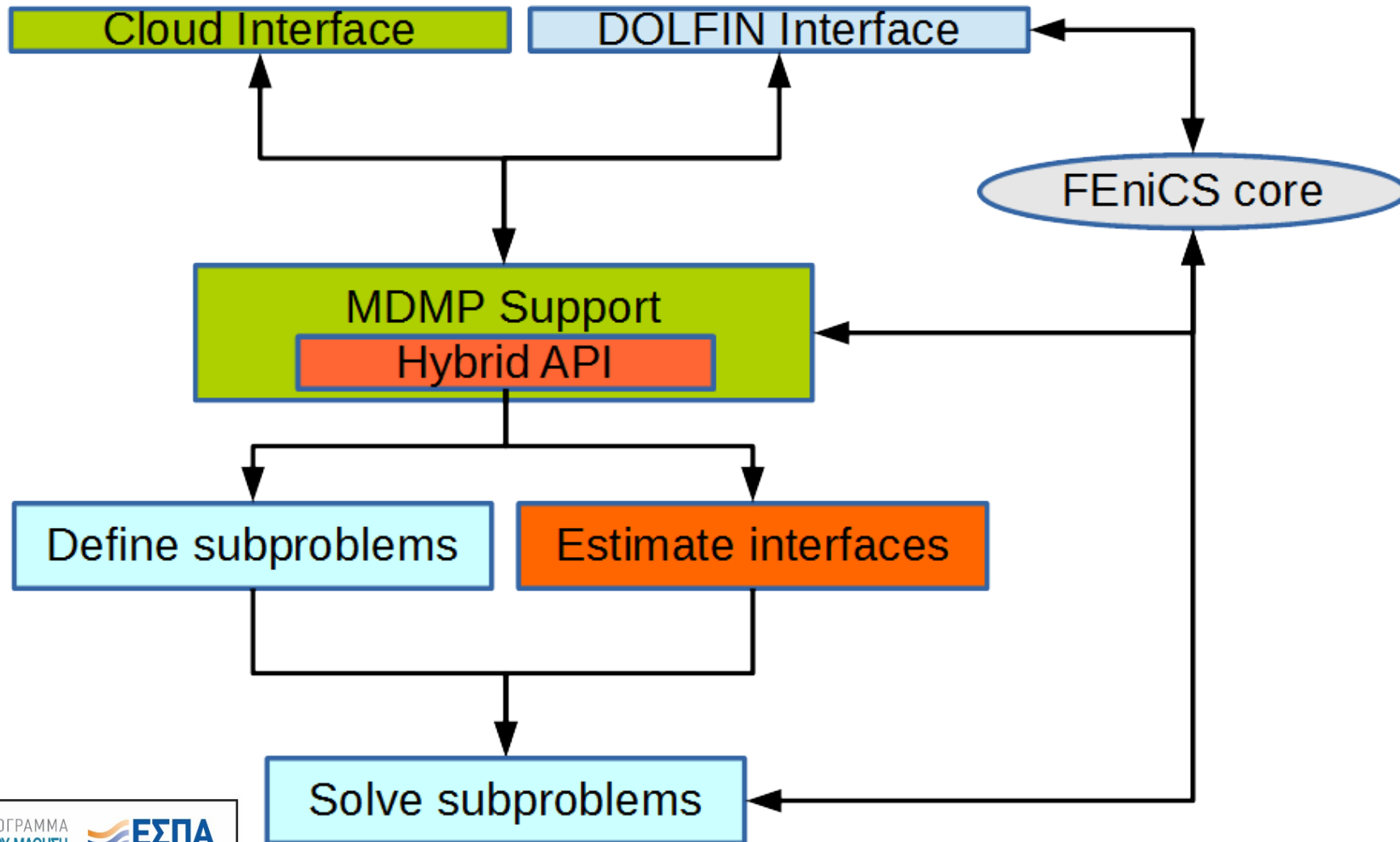
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Υβριδική Μέθοδος Χαλάρωσης στις Διεπαφές



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



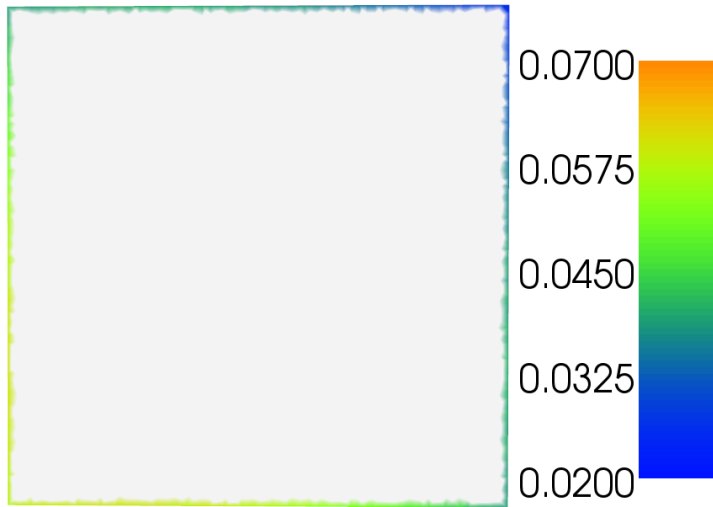
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

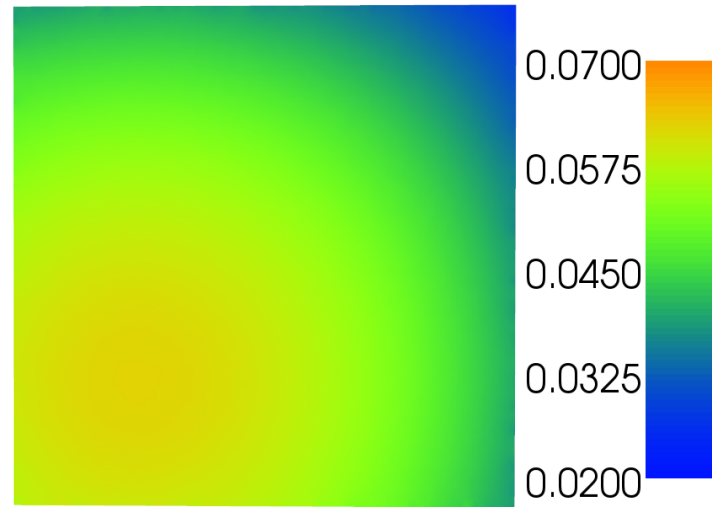


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΕΣΠΑ 2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

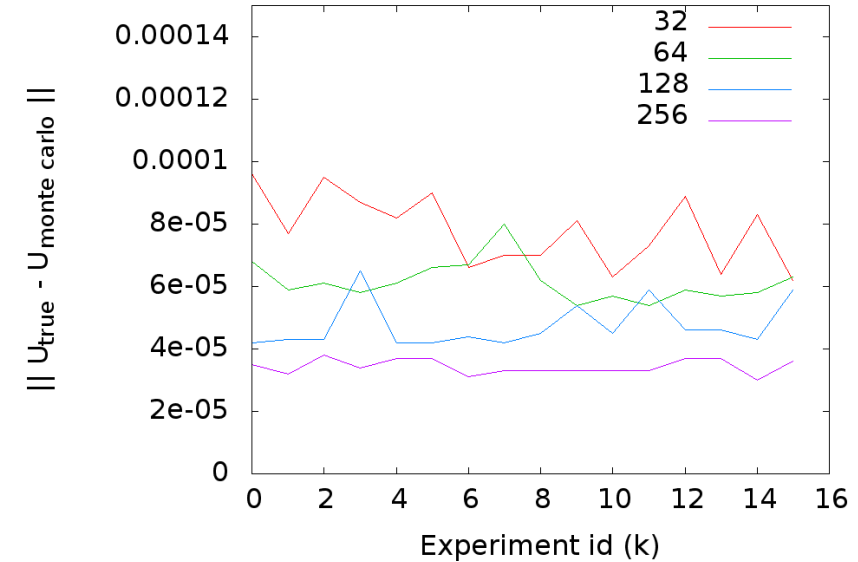
Υβριδική Μέθοδος Χαλάρωσης στις Διεπαφές: Αποτελέσματα



Στοχαστική εκτίμηση τιμών στις διεπαφές υποχωρίου



Λύση υποχωρίου με βάση την εκτίμηση



Σφάλμα σε σχέση με τη λύση σε όλο το χωρίο



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Επεκτάσεις FEniCS για Αξιοποίηση Σύγχρονων Αρχιτεκτονικών



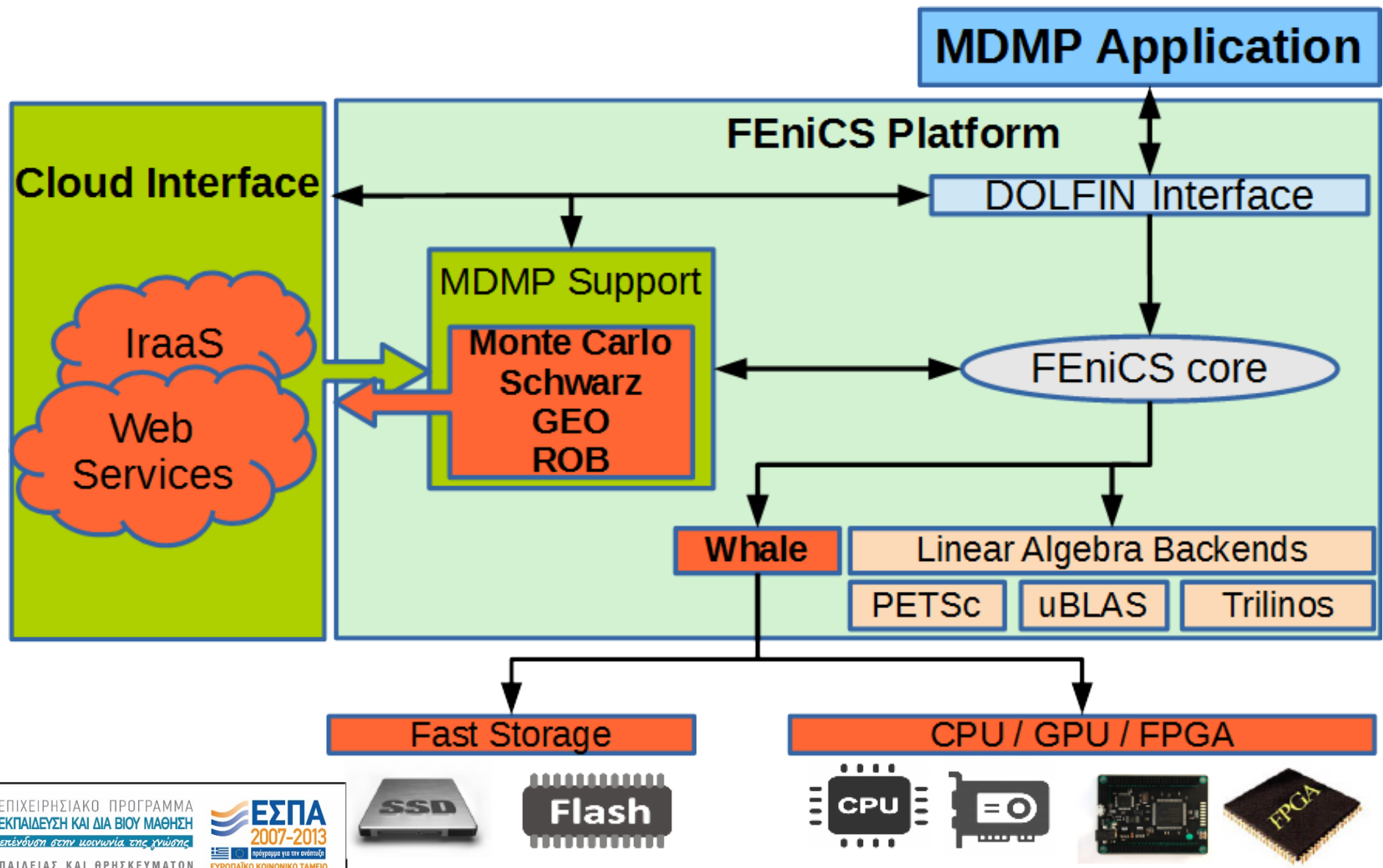
Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Επέκταση Whale

- Επιτρέπει τη χρήση εξωτερικού κώδικα γραμμένου σε μορφή βιβλιοθήκης ...
 - Υλοποιήσεις επιλυτών / χαλάρωσης σε GPUs
 - Διεπαφή software υλοποιήσεων επιλυτών / χαλάρωσης σε hardware (FPGAs)
 - Out-of-core υλοποιήσεις επιλυτών / χαλάρωσης με χρήση flash storage
 - Διεπαφές υλοποιήσεων σε cloud
- ... με «φυσικό» τρόπο μέσα από το FEniCS/Dolphin
 - Έλεγχος συμπεριφοράς υπάρχουσας λειτουργικότητας με 1 παράμετρο
 - Προσθήκη νέας λειτουργικότητας με μορφή κλήσεων FEniCS



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Μελέτη Επίδοσης Μεθόδων Επίλυσης σε Σύγχρονες Αρχιτεκτονικές



Multi-core CPU

- HP BL460c gen 9
- 2 x14-core CPU Intel Xeon E5-2695 v3
2.30GHz
- 64GB RAM



GPU

- DELL Precision T5500
- 6-core CPU Intel Xeon E5645 2,4GHz
- 24GB RAM
- Tesla C2075 GPU



Flash SSD

- DELL Precision T3500
- 4-core CPU Intel Xeon W3550 3.06GHz
- 24GB RAM
- Intel 520 240GB SSD
- Intel 530 240GB SSD
- OCZ RevoDrive 350 SSD
PCIe 480GB



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Μελέτη Επίδοσης Μεθόδων Επίλυσης σε Σύγχρονες Αρχιτεκτονικές - Είσοδοι

Tensor product discretization of linear parabolic multi domain problems by the Discontinuous Hermite Collocation coupled with Diagonally Implicit Runge-Kutta method

ID	NAME	TYPE	$N(A)$	$NNZ(A)$
M1	Inline_1	R, S, PD	5.04E+05	1.87E+07
M2	Aster_perf-11a	R, S, I	8.54E+05	7.11E+07
M3	Audikw_1	R, S, PD	9.44E+05	3.93E+07
M4	Nice20mc	R, S, I	7.16E+05	2.81E+07
M5	Flan_1565	R, S, PD	1.56E+06	1.14E+08
M6	StocF_1465	R, S, PD	1.47E+06	2.10E+07
M7	kkt_power	R,S	2.06E+06	1.28E+07
M8	Atmosmodl	R, U, I	1.49E+06	1.03E+07
M9	StepDHC_DIRK_1	R, U	4.10E+05	6.53E+06
M10	StepDHC_DIRK_2	R, U	1.64E+06	2.62E+07
M11	StepDHC_DIRK_3	R,	6.55E+06	1.05E+08

Athanasakis, J. E., Papadomanolaki, M. G., Papadopoulou, E. P., & Saridakis, Y. G. (2013). Discontinuous Hermite Collocation and Diagonally Implicit RK3 for a Brain Tumour Invasion Model. *Proceedings of the World Congress on Engineering* (Vol. 1).

Athanasakis, J. E., Papadopoulou, E. P., & Saridakis, Y. G. (2015) "Tensor Product Discontinuous Hermite Collocation for linear & nonlinear Parabolic Multidomain Problems in 2+1 dimensions".



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Μελέτη Επίδοσης Μεθόδων Επίλυσης σε Σύγχρονες Αρχιτεκτονικές

Direct Solvers

- Intel MKL PARDISO
- INRIA PASTIX

Iterative Solvers

- PARALUTION LIBRARY
 - PCG
 - GMRES

Συμπεράσματα

- Οι επαναληπτικές μέθοδοι έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε μνήμη και υπερτερούν των άμεσων σε χρόνους εκτέλεσης
- Μπορούν ευκολότερα να αξιοποιήσουν ευκολότερα την επεξεργαστική ισχύ των σύγχρονων GPUs
- Οι αλγόριθμοι Out-of-Core σε συνδυασμό με νέες τεχνολογίες non-volatile μνημών αποτελούν ενδιαφέροντα εναλλακτική



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Μελέτη Υλοποιήσεων Out-of-Core

Πακέτα

- IBM WSMP
- Intel MKL PARDISO
- MUMPS

Συμπεράσματα

- Η εκτέλεση στην flash είναι μέχρι και 3 φορές γρηγορότερη απ' ότι στο σκληρό δίσκο
- Η επίλυση στην κύρια μνήμη είναι γρηγορότερη εφόσον το μέγεθος την μνήμης που απαιτείται δεν υπερβαίνει την διαθέσιμη RAM
 - Διαφορετικά χρησιμοποιείται εικονική μνήμη (swap) και η επίλυση καθυστερεί.
 - Στην περίπτωση που η απαιτούμενη μνήμη υπερβαίνει το άθροισμα κύριας και εικονικής μνήμης δεν είναι δυνατή η επίλυση του συστήματος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Βελτιστοποίηση Flash

- Benchmark: TAUCS Cholesky
- Επιτάχυνση εγγραφής
 - Χρήση ενός write buffer για την μαζική εκτέλεση εγγραφών (batch writes)
 - Επιτάχυνση 1.5x - 9.5x
- Επιτάχυνση ανάγνωσης
 - Παραγοντοποίηση: Λιγότερες αναγνώσεις με μηχανισμό προ-ανάκτησης (prefetching) των αποθηκευμένων βοηθητικών δομών (π.χ.supernode structure).
 - Επίλυση: Παρόμοια, αλλά και για τον ίδιο τον πίνακα παραγοντοποίησης.
 - Επιτάχυνση 1.5x – 11.5x



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

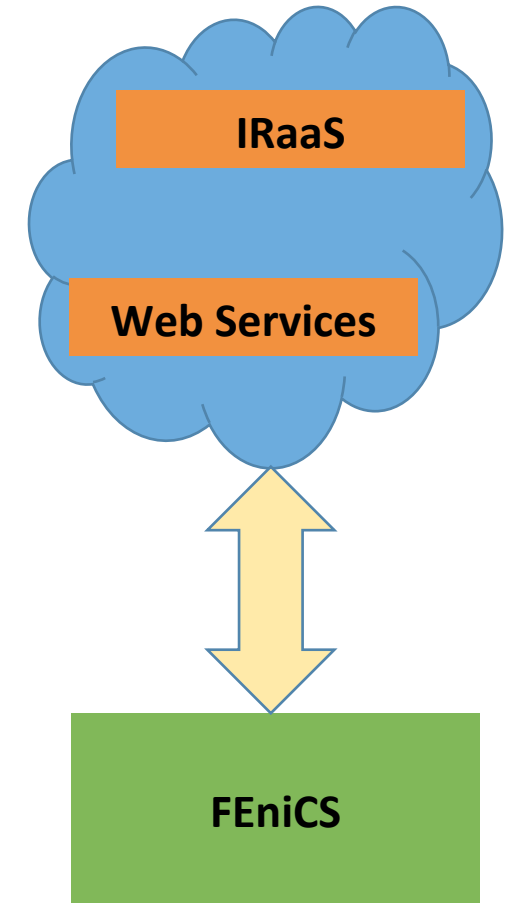


ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Cloud

- Χρήση υπηρεσιών cloud από FEniCS
- Χρήση FEniCS ως παρόχου υπηρεσιών cloud
- Προτυποποιημένη διεπαφή web services
 - **SOAP**: ανταλλαγή δομημένης πληροφορίας μεταξύ web services πάνω από το δίκτυο.
 - **WSDL**: περιγραφή της λειτουργικότητας web service + πρότυπο (παράμετροι, επιστρεφόμενες δομές)
 - **ebXML**: δημοσίευση / αναζήτηση υπηρεσιών
- IRaaS: Προσαρμοσμένη υλοποίηση υπηρεσιών cloud για MATENVMED



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Παράδειγμα Χρήσης: Υφαλμύριση Υδροφορέα – Βαθύ Καλύμνου



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



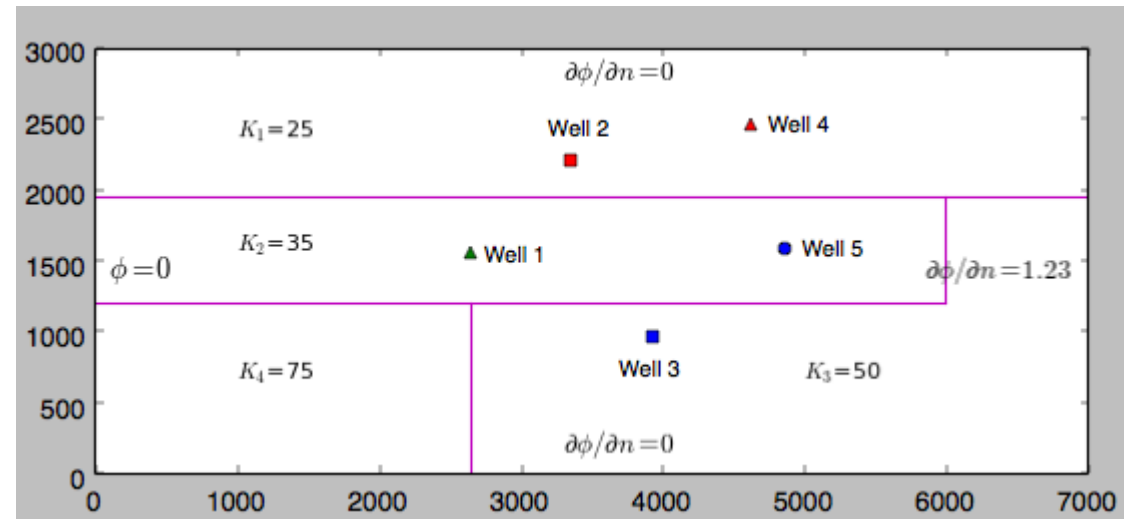
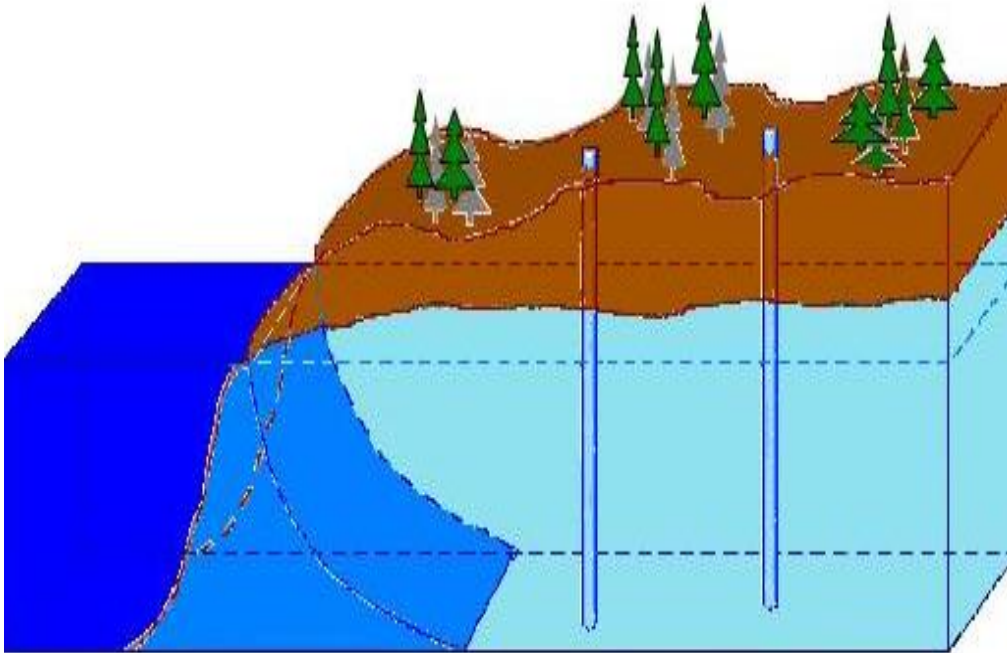
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Πρόβλημα: Υφαλμύριση Υδροφορέα στο Βαθύ Καλύμνου

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + N - Q = 0, \quad (x, y) \in \mathcal{R}$$



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Υλοποίηση σε FEniCS

```
from dolfin import *
import matplotlib.pyplot as plt

import top
import Imiddle
import rmiddle
import lbottom
import rbottom

client = platform.LocalClient()
coeff = [ 25., 35., 50., 75., 50. ]
s1 = top.Problem(coeff[0], client=client)
s2, s3 = Imiddle.Problem(coeff[1], client=client), rmiddle.Problem(coeff[2], client=client)
s4, s5 = lbottom.Problem(coeff[3], client=client), rbottom.Problem(coeff[4], client=client)

config = platform.Config(max_iter=15, tol_prev=10e-4)
subdomains=[ s1, s2, s3, s4, s5 ]
solutions = platform.IterativeSolver(subdomains=subdomains, config=config)
```

inside each subdomain
def **Problem**(s_id):
 u = TrialFunction(V)
 v = TestFunction(V)
 f = Constant(.03/365.)
 k = user_init(coeff[s_id])
 # linear and bilinear forms
 a = inner(k*grad(u), grad(v))*dx
 L = f*v*dx
 return [a,L], interface

Solve locally

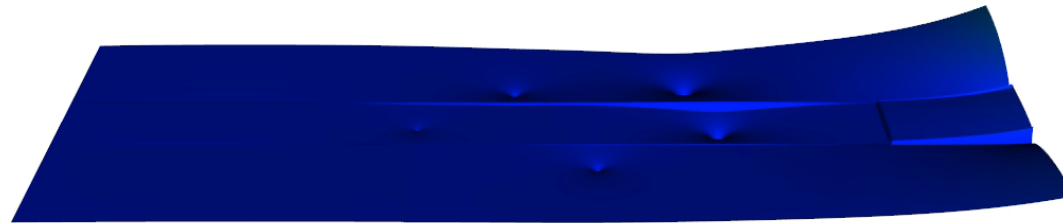
Common definition for all subdomains

Create subdomains

Configure solver and run the iterative method



Διαδικασία Επίλυσης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

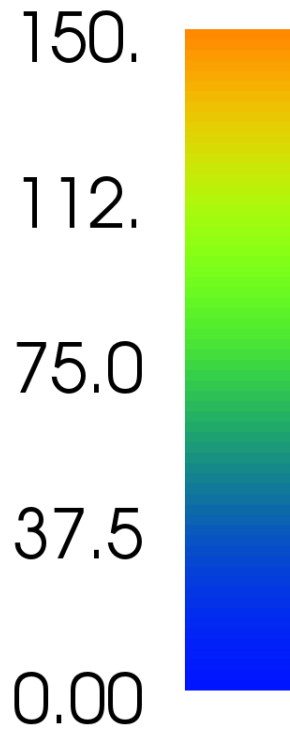
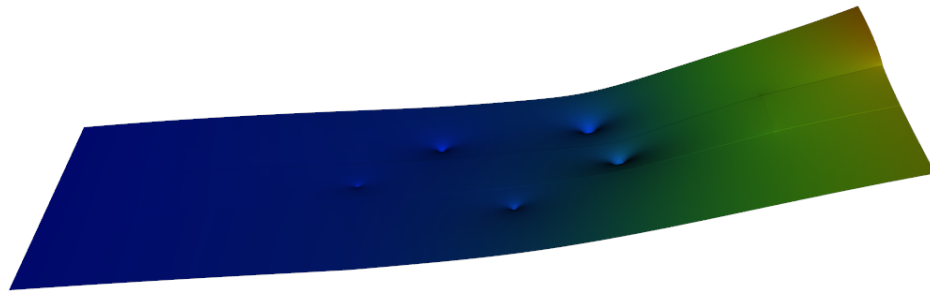
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

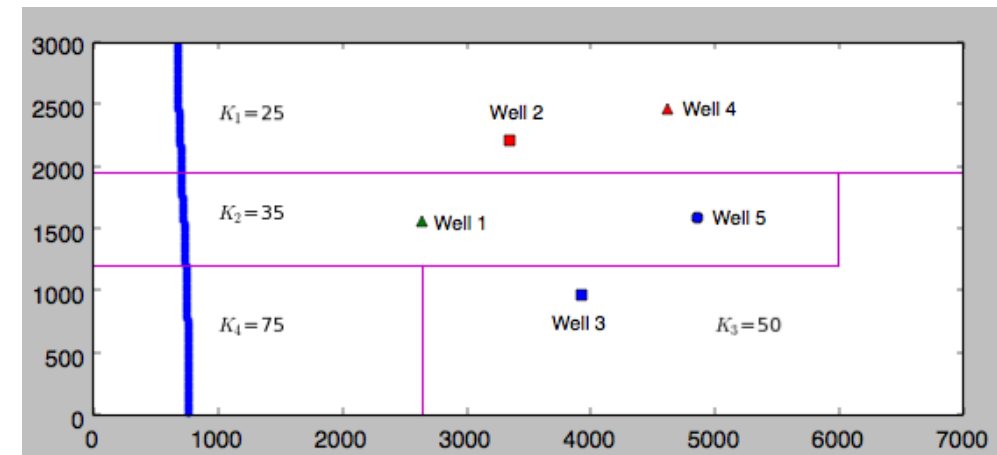
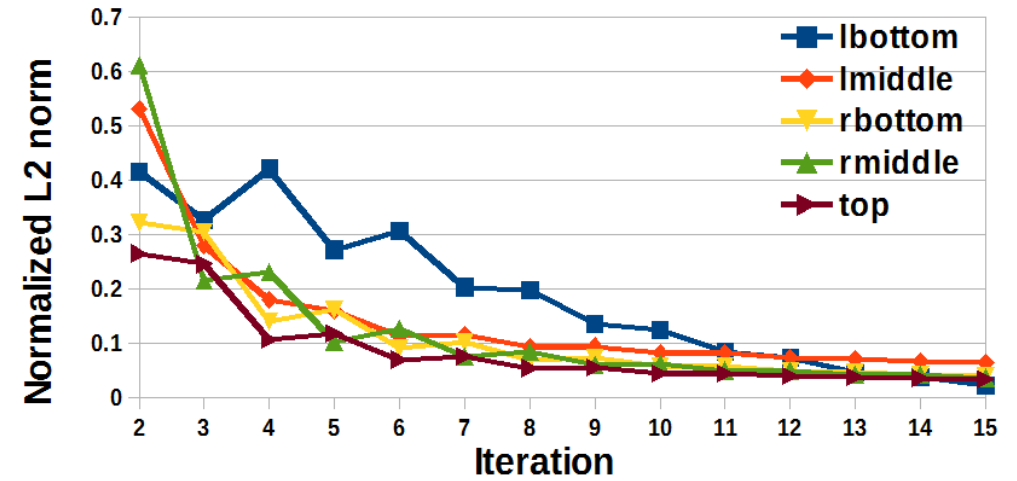


Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Αποτελέσματα



Σύγκλιση λύσεων υποπροβλημάτων



Συμπεράσματα

- Επέκταση του FEniCS για την υποστήριξη MDMP προβλημάτων
- Επέκταση του FEniCS για την αξιοποίηση σύγχρονων αρχιτεκτονικών
- Επέκταση του FEniCS για χρήση / προσφορά cloud services

- Εφικτό σε υψηλό επίπεδο, χωρίς μεγάλες αλλαγές στο εσωτερικό του framework
- Επιτρέπει γρήγορη ανάπτυξη
- Επιτρέπει επίλυση σύνθετων προβλημάτων με ελάχιστη προσπάθεια



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Δημοσιεύσεις

- Athanasios Fevgas, Panagiota Tsompanopoulou, Panayiotis Bozanis, "Exploring the Performance of Out-of-Core Linear Algebra Algorithms in Flash based Storage", 6th International Conference on Numerical Analysis (NumAn 2014), 02-05 Sep 2014, Chania, Crete, Greece.
- Aigli Korfiati, Niki Sfika, Konstantis Daloukas, Christos Alexakos, Panagiota Tsompanopoulou and Spiros Likothanassis, "IRaaS: A Cloud Implementation of an Interface Relaxation Method for the Solution of PDEs", 2015 International Conference of Parallel and Distributed Computing (ICPDC'15), part of World Congress on Engineering 2015 (WCE 2015). (Certificate of Merit).
- Athanasios Fevgas, Konstantis Daloukas, Panagiota Tsompanopoulou, Panayiotis Bozanis, "Efficient Solution of Large Sparse Linear Systems in Modern Hardware", 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA2015), 06-08 Jul 2015, Corfu, Greece.
- Niki Sfika, Aigli Korfiati, Christos Alexakos, Spiros Likothanassis, Konstantis Daloukas and Panagiota Tsompanopoulou, "Dynamic Cloud Resources Allocation on Multidomain/Multiphysics Problems", The 3rd International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud 2015), 24-26 August 2015, Rome, Italy.
- Christos Antonopoulos, Manolis Maroudas and Manolis Vavalis, "On PDE problem solving environments for multidomain multiphysics problems", Journal of Mathematics and Statistical Science. Accepted 10/2015, in press.
- Athanasios Fevgas, Konstantis Daloukas, Panagiota Tsompanopoulou, and Panayiotis Bozanis, "A Study of Sparse Matrix Methods on New Hardware: Advances and Challenges", International Journal of Monitoring and Surveillance Technologies Research (IJMSTR) (to appear).

Προς κρίση:

- N. Vilanakis, E. Maroudas, E. Mathioudakis, Ch. Antonopoulos, Y. Saridakis and M. Vavalis, "Schwarz Splitting for the Steady State Problem of Saltwater Intrusion in Coastal Aquifers", 2015 International Conference on Mathematical Methods & Computational Techniques in Science & Engineering (MMCTSE).



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Ερωτήσεις



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ